



โครงการศึกษา วิเคราะห์ เพื่อพัฒนางานและสนับสนุนภารกิจกรมที่ดิน
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๗

รายงานผลการศึกษา

โครงการศึกษาการใช้ภาพถ่ายดัดแก้เชิงเลข

Digital Orthophoto

ของกรมแผนที่ทหารมาใช้ในการกิจด้านภาพถ่ายทางอากาศ
ของกรมที่ดิน



คำนำ

รายงานการศึกษานี้จัดทำขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการในการพัฒนาข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข (Digital Orthophoto) ให้ทันสมัยและตรงตามมาตรฐานสากล อันเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการสนับสนุนภารกิจของกรมที่ดินในด้านการวางแผน การบริหารจัดการที่ดิน และการแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการใช้ที่ดินในประเทศไทย การศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการที่มุ่งหมายจะตรวจสอบและประเมินความเหมาะสมของข้อมูลภาพถ่ายตัดแก้เชิงเลขของกรมแผนที่ทหาร ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความละเอียดสูงและผ่านการประมวลผลด้วยการรังวัดด้วยภาพถ่าย (Photogrammetry) ที่ทันสมัย เพื่อนำมาใช้ในการกิจต่าง ๆ ของกรมที่ดิน โดยเน้นการสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศที่มีความถูกต้องและสามารถนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในการจัดทำรายงานฉบับนี้ ส่วนสร้างระวางแผนที่รูปถ่ายทางอากาศ กองเทคโนโลยีทำแผนที่ กรมที่ดิน ได้รับการสนับสนุนข้อมูลจากกรมแผนที่ทหาร ซึ่งได้ทำการบินสำรวจและถ่ายภาพทางอากาศในพื้นที่ที่ศึกษา เพื่อให้ได้ผลการศึกษาและข้อเสนอแนะที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงในทางปฏิบัติ หวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานการศึกษานี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจและเกี่ยวข้องในด้านการบริหารจัดการที่ดินและการใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศในอนาคต

ส่วนสร้างระวางแผนที่รูปถ่ายทางอากาศ
กองเทคโนโลยีทำแผนที่ กรมที่ดิน

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

รายงานการศึกษานี้มุ่งเน้นศึกษาความเหมาะสมของการใช้ภาพถ่ายตัดแก้เชิงเลข (Digital Orthophoto) ที่มีความละเอียดจุดภาพ ๓๐ เซนติเมตร ของกรมแผนที่ทหาร ในการกิจการจัดทำระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศของกรมที่ดิน เพื่อสนับสนุนภารกิจต่าง ๆ ของกรมที่ดิน หน่วยงานภายใน หน่วยงานภายนอก หรือตามคำขอของประชาชน การศึกษานี้ได้ดำเนินการในพื้นที่บางส่วนของอำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศซับซ้อนและมีป่าปกคลุมหนาแน่น การศึกษาแบ่งข้อมูลออกเป็น ๓ ชุด ได้แก่ ข้อมูลชุดที่ ๑ ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขที่ผ่านการตัดแก้ และใช้หมุดบังคับภาพภาคพื้นดินโดยกรมที่ดินเป็นผู้ดำเนินการ ข้อมูลชุดที่ ๒ ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขที่ผ่านการตัดแก้และใช้หมุดบังคับภาพภาคพื้นดินจำนวน ๑๔ หมุด และข้อมูลชุดที่ ๓ ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขที่ผ่านการตัดแก้โดยไม่ใช้หมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน ซึ่งดำเนินการโดยกรมแผนที่ทหาร

ผลการศึกษาพบว่า ข้อมูลชุดที่ ๑ และชุดที่ ๒ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่สามารถสร้างเป็นระวางแผนที่ๆ สำหรับใช้ในการกิจการของกรมที่ดินได้ และสามารถนำไปใช้ในการสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ มาตรฐาน ๑ : ๔,๐๐๐ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการศึกษานี้มีประโยชน์อย่างยิ่งในการปรับปรุงข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศของกรมที่ดินให้มีความทันสมัย และสนับสนุนการดำเนินงานของเจ้าหน้าที่ในการแก้ไขปัญหาที่ดินและข้อพิพาทที่เกี่ยวข้องได้อย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำ

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	ข
สารบัญ	ค
สารบัญรูป	ง
สารบัญตาราง	จ
๑. หลักการและเหตุผล	๑
๒. วัตถุประสงค์	๑
๓. พื้นที่ศึกษา	๑
๔. ระเบียบข้อกฎหมายและเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง	
๔.๑ ความรู้เกี่ยวกับกล้องถ่ายภาพเชิงเลข	๓
๔.๒ แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับงานรังวัดด้วยภาพถ่าย (Photogrammetry)	๕
๔.๓ ตรวจสอบความถูกต้องเชิงตำแหน่ง (Accuracy Assessment)	๗
๕. วิธีและขั้นตอนดำเนินการ	
๕.๑ การเตรียมข้อมูล (Preprocessing)	๑๐
๕.๒ จัดสร้างและประมวลผลระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ (Digital Photomap)	๑๐
๕.๓ การตรวจสอบความถูกต้องเชิงตำแหน่ง (Accuracy Assessment)	
ของชุดข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศทั้ง ๓ ชุด	๑๒
๖. ผลการศึกษา	
๖.๑ ผลการศึกษาของข้อมูลชุดที่ ๑	๑๓
๖.๒ ผลการศึกษาของข้อมูลชุดที่ ๒	๑๕
๖.๓ ผลการศึกษาของข้อมูลชุดที่ ๓	๑๖
๗. สรุปผลการศึกษา	๒๑
๘. ประโยชน์ที่ได้รับ	๒๑
เอกสารอ้างอิง	๒๓
ภาคผนวก ก แบบสำรวจหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน	
ภาคผนวก ข แบบสำรวจหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ	

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ ๑	แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษา	๒
รูปที่ ๒	ชุดกล้องถ่ายภาพทางอากาศเชิงเลข (Digital Mapping Cameras : DMC)	๓
รูปที่ ๓	การติดตั้งกล้องถ่ายภาพทางอากาศเชิงเลข (Digital Mapping Cameras)	๓
รูปที่ ๔	อุปกรณ์รับวัดค่าพิกัดและค่าอาการเอียงของภาพถ่ายทางอากาศ (GPS และ IMU)	๔
รูปที่ ๕	ระบบการถ่ายภาพของกล้องถ่ายภาพทางอากาศเชิงเลข (DMC)	๔
รูปที่ ๖	ระบบการหมุนเชิงมุม	๕
รูปที่ ๗	ตำแหน่งของหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน (GCP) จุดผ่าน (Pass Point) และหมุดโยงยึด (Tie Point)	๖
รูปที่ ๘	เกณฑ์ในการกำหนดจุดตรวจสอบตามมาตรฐาน NSSDA	๘
รูปที่ ๙	แสดงตัวอย่างการรับวัดหมุด GCP และ Check Point จากภาคสนาม	๑๐
รูปที่ ๑๐	แสดงแผนผังสรุปขั้นตอนการดำเนินงาน	๑๓
รูปที่ ๑๑	แสดง RMSEr ของหมุด Check Point จำนวน ๒๑ หมุดของชุดข้อมูลทั้ง ๓ ชุด	๑๗
รูปที่ ๑๒	แสดงความคลาดเคลื่อนของหมุด Check Point	๑๗

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ ๑ แสดงค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งของหมุดตรวจสอบ (Check Point) ของข้อมูลชุดที่ ๑ จำนวน ๒๑ หมุด	๑๘
ตารางที่ ๒ แสดงค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งของหมุดตรวจสอบ (Check Point) ของข้อมูลชุดที่ ๒ จำนวน ๒๑ หมุด	๑๙
ตารางที่ ๓ แสดงค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งของหมุดตรวจสอบ (Check Point) ของข้อมูลชุดที่ ๓ จำนวน ๒๑ หมุด	๒๐
ตารางที่ ๔ แสดงค่าทางสถิติโดยรวมของชุดข้อมูลทั้ง ๓ ชุด	๒๑

โครงการศึกษาการใช้ภาพถ่ายตัดแก้เชิงเลข (Digital Orthophoto) ของกรมแผนที่ทหาร มาใช้ในการกิจด้านภาพถ่ายทางอากาศของกรมที่ดิน

๑. หลักการและเหตุผล

สืบเนื่องด้วยส่วนสร้างระวางแผนที่รูปถ่ายทางอากาศ กองเทคโนโลยีทำแผนที่ ได้ศึกษาและพัฒนาการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ มาตราส่วน ๑ : ๑,๐๐๐ ในเขตชุมชน และมาตราส่วน ๑ : ๔,๐๐๐ ในเขตชนบท เพื่อใช้ในราชการกรมที่ดิน มาตั้งแต่ปี พ.ศ. ๒๕๒๘ โดยมีวงรอบการจัดหาข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ สำหรับการปรับปรุงข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศในทุกช่วงระยะเวลา ๕ - ๑๐ ปี โดยชุดข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศชุดล่าสุดที่กรมที่ดินได้จัดหามาใช้ในการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ มาตราส่วน ๑ : ๔,๐๐๐ เพื่อใช้ในราชการกรมที่ดิน คือ ชุดข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงที่บินถ่ายภาพทางอากาศด้วยเครื่องบินที่ติดตั้งกล้องถ่ายภาพทางอากาศเชิงเลข (Digital Mapping Cameras : DMC) ของกรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย ในช่วงปี พ.ศ. ๒๕๕๔ - ๒๕๖๑ ตามแผนงานจัดทำแผนที่ฐานของโครงการศูนย์ข้อมูลที่ดินและแผนที่แห่งชาติ กรมที่ดิน (ระยะที่ ๑ - ๒) โดยข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศมีความละเอียดของจุดภาพ (Ground Sampling Distance : GSD) ๔๘ เซนติเมตร มีการตรวจสอบความถูกต้องเชิงตำแหน่ง (Positioning Accuracy) ในทางราบไม่เกิน ๑ เมตร ตามมาตรฐานความละเอียดถูกต้องของสมาคมการสำรวจจากภาพถ่ายและการรับรู้ จากระยะไกลแห่งอเมริกา (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing : ASPRS) ครอบคลุมพื้นที่ทั่วประเทศ

ปัจจุบัน กรมแผนที่ทหารได้ดำเนินการบินถ่ายภาพทางอากาศ ช่วงปี พ.ศ. ๒๕๖๖ - ๒๕๖๗ สำหรับใช้ในการปรับปรุงแผนที่ภูมิประเทศและจัดทำภาพถ่ายตัดแก้เชิงเลขที่มีความละเอียดของจุดภาพ ๓๐ เซนติเมตร ดังนั้น ส่วนสร้างระวางแผนที่รูปถ่ายทางอากาศ จึงมีแนวคิดจัดทำโครงการศึกษาการใช้ภาพถ่ายตัดแก้เชิงเลข (Digital Orthophoto) ของกรมแผนที่ทหาร ที่มีความละเอียดของจุดภาพ ๓๐ เซนติเมตร มาใช้ในงานด้านภาพถ่ายทางอากาศของกรมที่ดิน เพื่อปรับปรุง (Update) ข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขของกรมที่ดินให้มีความทันสมัย และสามารถสนับสนุนภารกิจของกรมที่ดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

๒. วัตถุประสงค์

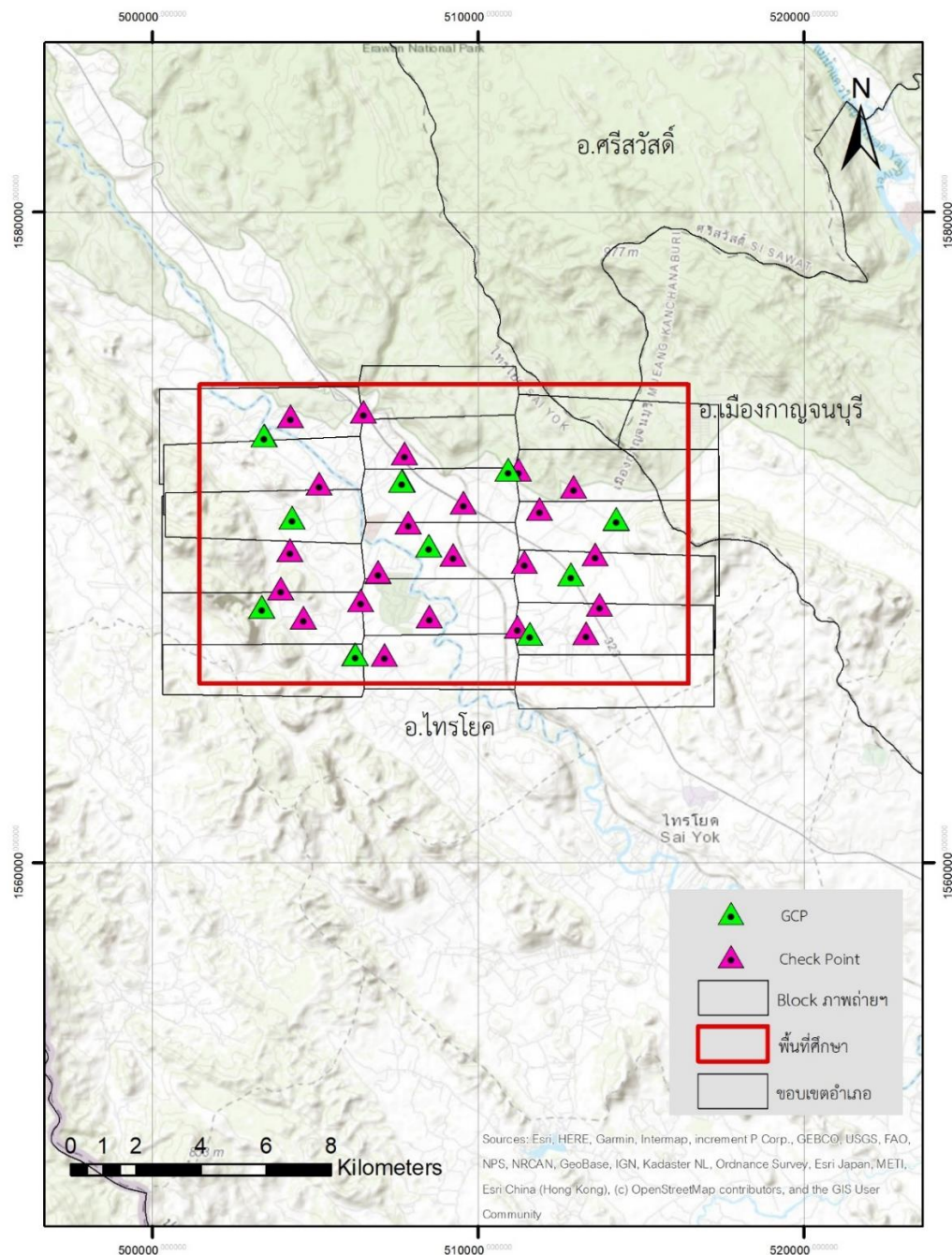
๒.๑ จัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ (Digital Photomap) มาตราส่วน ๑ : ๔,๐๐๐ บริเวณพื้นที่บางส่วนของอำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี ตามกระบวนการสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศในระบบดิจิทัลของกรมที่ดิน โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข (Digital Photo) ของกรมแผนที่ทหาร ที่มีความละเอียดของจุดภาพ ๓๐ เซนติเมตร

๒.๒ ประเมินความเหมาะสมของข้อมูลภาพถ่ายตัดแก้เชิงเลข (Digital Orthophoto) ที่มีความละเอียดของจุดภาพ ๓๐ เซนติเมตร ของกรมแผนที่ทหาร ว่าสามารถนำมาใช้ในราชการของกรมที่ดินได้หรือไม่อย่างไร

๓. พื้นที่ศึกษา

สืบเนื่องจากกรมแผนที่ทหารได้ทำการบินสำรวจบริเวณเพื่อปรับปรุงแผนที่บริเวณจังหวัดกาญจนบุรี ประจำปี พ.ศ. ๒๕๖๖ กรมที่ดินจึงได้ขอความอนุเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศในบริเวณบางส่วนของตำบลท่าเสาและตำบลวังกระแจะ อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี ครอบคลุมพื้นที่ ๑๐๐ ตารางกิโลเมตร (รูปที่ ๑) เพื่อนำมาศึกษาและจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ

(Digital Photomap) มาตรฐาน ๑ : ๔,๐๐๐ บริเวณดังกล่าว ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีลักษณะทางกายภาพของภูมิประเทศเป็นภูเขาและเนินเขาสลับซับซ้อน ป่าไม้หนาแน่น และมีแม่น้ำแควน้อยที่เป็นแม่น้ำสำคัญของพื้นที่ไหลผ่าน นอกจากนี้ พื้นที่นี้ยังมีอุทยานแห่งชาติไทรโยคที่เป็นแหล่งท่องเที่ยวชื่อดัง มีดินที่อุดมสมบูรณ์เหมาะสำหรับการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง และพืชสวนต่าง ๆ อีกทั้ง สภาพอากาศของพื้นที่เป็นลักษณะอากาศแบบร้อนชื้น มีฤดูฝนยาวนาน ชุมชนในตำบลท่าเสาและตำบลวังกระแจะ จึงมีวิถีชีวิตที่พึ่งพาธรรมชาติและเกษตรกรรมเป็นหลัก ทำให้พื้นที่ดังกล่าวมีความหลากหลายเชิงพื้นที่และเหมาะสำหรับการศึกษาและประเมินความเหมาะสมของข้อมูลภาพถ่ายตัดแก้เชิงเลข (Digital Orthophoto) ที่มีความละเอียดของจุดภาพ ๓๐ เซนติเมตร ซึ่งจัดสร้างตามหลักวิชาการด้านโฟโตแกรมเมตรีโดยกรมแผนที่ทหารและกรมที่ดิน



รูปที่ ๑ แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษา

๔. ระเบียบข้อกฎหมายและเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง

ในการสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขนั้น ได้นำหลักการเฉพาะทางด้านการรังวัดด้วยภาพถ่าย (Photogrammetry) มาใช้ ซึ่งหลักการดังกล่าวเป็นศาสตร์และเทคโนโลยีสำหรับการรังวัดเพื่อทำแผนที่ และเนื่องด้วยการรังวัดด้วยภาพเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อน ต้องใช้เทคโนโลยีและการคำนวณขั้นสูง รวมถึงผู้ปฏิบัติงานต้องใช้ความเข้าใจ การฝึกฝน และความชำนาญในการทำงาน (ไพศาล สันติธรรมนนท์, ๒๕๕๕ : ๒) จึงมีความสำคัญอย่างมากที่จะกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการในการสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข ซึ่งประกอบด้วย ความรู้เกี่ยวกับกล้องถ่ายภาพเชิงเลข แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับงานรังวัดด้วยภาพถ่าย (Photogrammetry) และมาตรฐานความถูกต้องทางแผนที่และการประเมินความถูกต้อง (Accuracy Assessment)

๔.๑ ความรู้เกี่ยวกับกล้องถ่ายภาพเชิงเลข

กรมแผนที่ทหารได้มีการพัฒนาด้านการบินถ่ายภาพทางอากาศ โดยการนำกล้องถ่ายภาพทางอากาศดิจิทัล (Digital Mapping Cameras : DMC) มาบันทึกภาพถ่ายทางอากาศสำหรับใช้ในการจัดสร้างระวางแผนที่ภูมิประเทศ และในการกิจอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นกล้องถ่ายภาพทางอากาศดิจิทัลสำหรับงานทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศโดยเฉพาะ สามารถบันทึกภาพแบบกรอบ (Frame Sensor) สามารถบันทึกภาพได้ตั้งแต่ช่วงคลื่นที่สายตามองเห็น (Visible Light) และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared) มีความละเอียดเชิงเรขาคณิต ไม่มากกว่า ๑๕ ไมครอน และความละเอียดเชิงรังสีแต่ละจุดภาพไม่น้อยกว่า ๘ บิต ในแต่ละแบนด์ นอกจากนี้มีการติดตั้งระบบชดเชยการเคลื่อนที่ทางหน้า (Forward Motion Compensation : FMC) และระบบ GPS/IMU (Global Positioning System/Inertial Measurement Unit) ซึ่งใช้ในการบันทึกข้อมูลการรังวัดสัญญาณดาวเทียม GPS เพื่อคำนวณค่าพิกัดจุดเปิดถ่ายของกล้อง และมุมเอียง (Orientation Parameters) (ร.อ. กิตติพงศ์ บัวลอย และคณะ, ม.ป.ป.)



รูปที่ ๒ ชุดกล้องถ่ายภาพทางอากาศเชิงเลข (Digital Mapping Cameras : DMC)



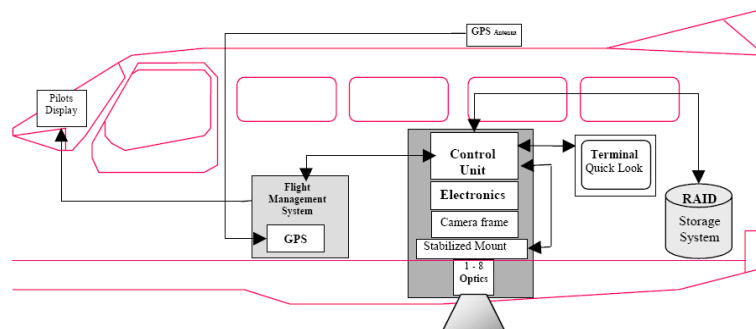
รูปที่ ๓ การติดตั้งกล้องถ่ายภาพทางอากาศเชิงเลข (Digital Mapping Cameras)

ระบบการบันทึกภาพในขณะบินถ่ายภาพบนอากาศยาน ประกอบด้วยระบบคอมพิวเตอร์ที่มีความทันสมัย ซึ่งมีระบบนำหนที่มีความถูกต้องเชิงตำแหน่งสูง (GPS และ IMU)

ซึ่ง GPS จะรับวัดค่าพิกัดทางแกน X, Y, Z ส่วน IMU จะรับวัดค่าอาการเอียงหรือค่าการหมุนรอบแกน ทำให้ได้ค่า Omega, Phi, Kappa ของจุดเปิดถ่ายโดยค่าพารามิเตอร์ทั้ง ๖ ตัวรวมเรียกว่า “ค่าการดัดแก้ภายนอก” (Exterior Orientation Parameters : EOP) (ดังรูปที่ ๔) อุปกรณ์บันทึกภาพในระบบดิจิทัลที่เป็นลักษณะ CCD Matrix Sensors โดยที่ข้อมูลภาพจะถูกบันทึกลงบนระบบจัดเก็บความเร็วสูง (Storage System) รวมถึงยังมีอุปกรณ์ที่ช่วยในการทำให้ข้อมูลภาพมีความถูกต้องสูงในขณะบินถ่าย FMC (Forward Motion Compensation) เป็นเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยเฉพาะ ซึ่งระบบทั้งหมดจะถูกติดตั้งอยู่บนอากาศยานในขณะบินถ่ายภาพ (ดังรูปที่ ๕)



รูปที่ ๔ อุปกรณ์รับวัดค่าพิกัดและค่าอาการเอียงของภาพถ่ายทางอากาศ (GPS และ IMU)



รูปที่ ๕ ระบบการถ่ายภาพของกล้องถ่ายภาพทางอากาศเชิงเลข (DMC)

ข้อมูลภาพเชิงเลขของกล้อง DMC หลังจากการบินถ่ายภาพทางอากาศ ต้องผ่านกระบวนการตรวจสอบและคำนวณดัดแก้ (Post-Process) ความถูกต้องเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction) และเชิงรังสี (Radiometric Correction) เพื่อให้ได้ข้อมูลภาพที่มีความถูกต้องสูง ข้อมูลจะถูกจัดเก็บอยู่ในรูปแบบ Tiff Format ในลักษณะของ Frame Image ที่มีส่วนซ้อนด้านหน้า (Overlap) ในแต่ละภาพประมาณ ๖๐% และส่วนซ้อนด้านข้าง (Sidelap) ประมาณ ๓๐% ในการบินถ่ายภาพของกรมแผนที่ทหาร คุณภาพของภาพถ่ายทางอากาศที่ถ่ายได้ต้องไม่มีหมอกแดด ฝุ่น ควัน เงามเข หรือหากมีต้องไม่เกินกว่าร้อยละ ๕ ของแต่ละภาพ และต้องไม่เกินร้อยละ ๒ ของพื้นที่ดำเนินการ ข้อมูลต้นฉบับของภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข ประกอบด้วย ภาพจากเลนส์ขาว – ดำ (Panchromatic) สีแดง (Red) สีเขียว (Green) สีน้ำเงิน (Blue) และเลนส์อินฟราเรดใกล้ (Near Infrared)

๔.๒ แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับงานรังวัดด้วยภาพถ่าย (Photogrammetry)

ในการผลิตระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ (Digital Photomaps) มาตราส่วน ๑ : ๔,๐๐๐ จากข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศนั้น จะต้องคำนึงถึงหลักวิชาการด้านโฟโตแกรมเมตรีสำหรับการรังวัดภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข (Digital Photogrammetry) ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ได้ใช้รูปแบบกระบวนการสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศในรูปแบบ Bundle Block Adjustment โดยมีหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

Bundle Block Adjustment (BBA) คือ กระบวนการที่ใช้ในการปรับแก้ลอคภาพถ่ายทางอากาศ เพื่อสร้างระบบสมการร่วมเส้นของจุดบนภาพถ่าย โดยใช้กลุ่มของลำแสงที่มีจุดกำเนิดจากจุดศูนย์กลางการถ่ายภาพผ่านจุดที่ปรากฏบนภาพถ่ายทั้งหมด กระบวนการนี้ช่วยให้สามารถคำนวณตำแหน่งและทิศทางที่ถูกต้องของกล้องในแต่ละภาพถ่าย และตำแหน่งสามมิติของจุดที่ปรากฏบนภาพถ่ายได้อย่างแม่นยำ BBA เป็นขั้นตอนสำคัญในกระบวนการโฟโตแกรมเมตรีเนื่องจากช่วยเพิ่มความถูกต้องและความสอดคล้องของข้อมูลเชิงตำแหน่งที่ได้จากภาพถ่ายทางอากาศ ทำให้สามารถสร้างแผนที่และแบบจำลองสามมิติที่มีความแม่นยำสูง ซึ่งจะมีหลักการสำคัญในการประมวลผลภาพถ่าย ดังนี้

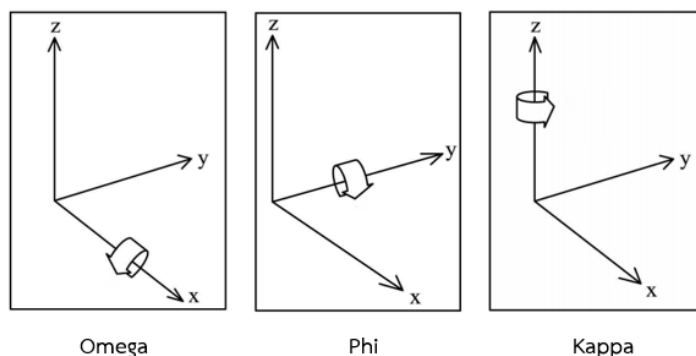
๑. Exterior Orientation (EO) คือ การกำหนดตำแหน่งและทิศทางของกล้อง ในขณะที่ถ่ายภาพ เป็นกระบวนการที่สำคัญในการแปลงพิกัดจากระบบพิกัดโลกไปยังระบบพิกัดของภาพถ่าย กระบวนการนี้ช่วยให้สามารถทราบตำแหน่งและทิศทางที่กล้องถ่ายภาพในขณะนั้นได้อย่างแม่นยำ ประกอบด้วย ๒ ส่วนหลัก ได้แก่

(๑) ตำแหน่งของกล้อง (Camera Position) เป็นพิกัด X_0, Y_0, Z_0 ของจุดศูนย์กลางของเลนส์กล้องในระบบพิกัดโลก (World Coordinate System) ตำแหน่งนี้บ่งบอกถึงจุดที่กล้องอยู่ในขณะที่ถ่ายภาพ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากข้อมูล GPS หรือระบบการวัดอื่น ๆ

(๒) ทิศทางของกล้อง (Camera Orientation) ทำให้เกิดการเอียงของภาพถ่าย ซึ่งประกอบด้วยมุม ๓ มุม ได้แก่

- ω (Omega) มุมหมุนรอบแกน X
- ϕ (Phi) มุมหมุนรอบแกน Y
- κ (Kappa) มุมหมุนรอบแกน Z

การเอียง (Orientation) ของกล้องบ่งบอกถึงทิศทางที่กล้องหันไปในขณะที่ถ่ายภาพ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากข้อมูลที่ได้รับจากกล้องถ่ายภาพที่ติดกับอากาศยาน



รูปที่ ๖ ระบบการหมุนเชิงมุม

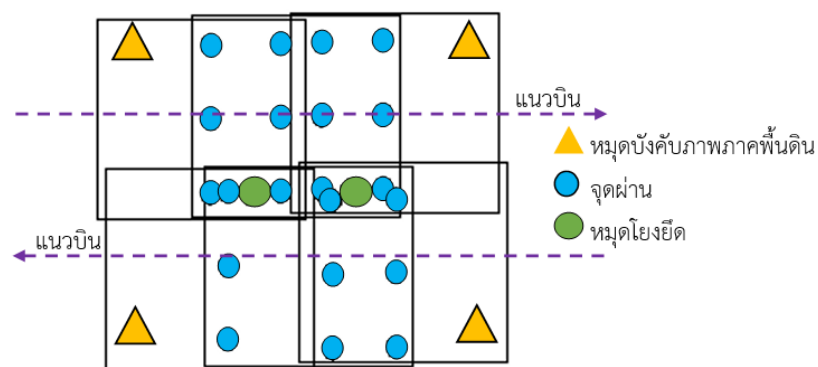
๒. Interior Orientation (IO) เป็นกระบวนการที่สำคัญในการกำหนดพารามิเตอร์ภายในของกล้องถ่ายภาพ ซึ่งรวมถึงตำแหน่งของจุดหลักของภาพ ความยาวโฟกัส และการบิดเบือนของเลนส์ กระบวนการนี้ทำงานร่วมกับ Exterior Orientation (EO) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความแม่นยำสูงในการสร้างโมเดล ๓ มิติและการทำแผนที่ ซึ่งจะประกอบด้วย

(๑) การรังวัดหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน (Ground Control Point : GCP) เป็นการรังวัดตำแหน่งหมุดบังคับภาพภาคพื้นดินที่มีค่าพิกัดทั้งทางราบและทางตั้ง ได้แก่ แกน X แกน Y และแกน Z ด้วยระบบโครงข่ายการรังวัดดาวเทียมแบบจลน์ (RTK GNSS Network) ซึ่งจะต้องคำนึงถึงตำแหน่งที่เห็นเด่นชัดบนภาพถ่ายทางอากาศ และสามารถชี้ชัดได้บนพื้นดิน โดยการกำหนดตำแหน่งของหมุดบังคับภาพภาคพื้นดินนั้น จะต้องวางแผนการรังวัดให้ครอบคลุมพื้นที่ดำเนินการศึกษา หลังจากที่ได้ทำการรังวัด GCP และบันทึกค่าพิกัดเรียบร้อยแล้ว ค่าพิกัดเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการ Bundle Block Adjustment เพื่อตัดแก้ภาพถ่ายทางอากาศให้มีความแม่นยำตามมาตรฐานที่กำหนด โดยใช้ค่าพิกัด GCP เป็นจุดอ้างอิงในการปรับแก้ตำแหน่งและทิศทางของภาพถ่าย

(๒) การรังวัดจุดผ่าน (Pass Point) เป็นการรังวัดจุดที่เห็นเด่นชัดบนภาพถ่ายทางอากาศ แต่ไม่จำเป็นต้องลงไปรังวัดค่าพิกัดจริงในสนาม ซึ่งจุดผ่านต้องปรากฏบนภาพถ่ายทางอากาศอย่างน้อย ๒ ภาพขึ้นไป โดยต้องทำการรังวัดอย่างน้อย ๖ จุด บนส่วนซ้อนที่อยู่ในแนวนบิน ซึ่งหลังจากการตัดแก้จุดผ่านแล้ว จะได้ค่าพิกัดในทั้ง ๓ มิติ

(๓) การรังวัดหมุดโยงยึด (Tie Point) เป็นการรังวัดจุดที่เห็นเด่นชัดบนภาพถ่ายทางอากาศ แต่ไม่จำเป็นต้องลงไปรังวัดค่าพิกัดจริงในสนาม ซึ่งหมุดโยงยึดต้องปรากฏบนภาพถ่ายทางอากาศอย่างน้อย ๒ ภาพขึ้นไป โดยต้องทำการรังวัดไม่น้อยกว่า ๒ จุด บนส่วนซ้อนที่อยู่ระหว่างแนวนบินที่ติดกัน

(๔) การรังวัดหมุดตรวจสอบ (Check Point) เป็นการรังวัดตำแหน่งหมุดตรวจสอบที่มีค่าพิกัดทั้งทางราบและทางตั้ง ได้แก่ แกน X แกน Y และแกน Z ด้วยระบบโครงข่ายการรังวัดดาวเทียมแบบจลน์ (RTK GNSS Network) ซึ่งจะต้องคำนึงถึงตำแหน่งที่เห็นเด่นชัดบนภาพถ่ายทางอากาศ และสามารถชี้ชัดได้บนภาคพื้นดิน ซึ่งการกำหนดหมุดตรวจสอบ (Check Point) เป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญที่จะต้องมีการวางแผนและออกแบบหมุดตรวจสอบให้มีความสอดคล้องกับพื้นที่และระยะเวลา โดยต้องมีจำนวนจุดตรวจสอบและการกระจายตัวที่เหมาะสมและสามารถเป็นตัวแทนที่ดีของพื้นที่ทั้งหมดได้ ตามเกณฑ์มาตรฐานการรังวัดหมุดตรวจสอบของ Federal Geographic Data Committee (FGDC)



รูปที่ ๗ ตำแหน่งของหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน (GCP) จุดผ่าน (Pass Point) และหมุดโยงยึด (Tie Point)

(๕) DEM Extraction เป็นกระบวนการสร้างแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขเพื่อแสดงผลระดับความสูงของพื้นผิวโลกในรูปแบบดิจิทัล ซึ่งแสดงค่าระดับความสูงของพื้นที่เป็นข้อมูลในรูปแบบกริด (Triangular Irregular Network : TIN) โดยนำค่าระดับความสูงมาใช้ในการคำนวณความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งบนภาพถ่ายทางอากาศอันเนื่องมาจากความสูงต่ำของภูมิประเทศ (Relief Displacement) ดังนั้น การสร้างแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขต้องมีกระบวนการที่ถูกต้องเพื่อให้ได้ระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศที่มีความถูกต้องเชิงตำแหน่งสูง ซึ่งการรังวัดด้วยภาพคู่ซ้อนสามมิติสามารถให้ค่าพิกัดของภูมิประเทศพร้อมค่าระดับความสูงที่เป็นข้อมูลสำคัญในการสร้างแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขได้เป็นอย่างดี

(๖) Image Mosaicking เป็นกระบวนการต่อภาพที่นำภาพที่ผ่านการปรับแก้แล้วหลาย ๆ ภาพต่อเข้าด้วยกัน พร้อมทั้งทำการปรับสีของชุดข้อมูลดังกล่าว เพื่อสร้างแผนที่ภาพถ่ายขนาดใหญ่ที่มีความต่อเนื่องและปราศจากการบิดเบือนทางเรขาคณิต กระบวนการนี้จึงเป็นส่วนสำคัญในงานด้านโฟโตแกรมเมตรีเพื่อสร้างแผนที่ภาพที่มีความถูกต้องเชิงพื้นที่สูง

๔.๓ ตรวจสอบความถูกต้องเชิงตำแหน่ง (Accuracy Assessment)

กรมที่ดินได้กำหนดแนวทางการทดสอบและรายงานผลตามหลักเกณฑ์การทดสอบมาตรฐานสำหรับความละเอียดถูกต้องของข้อมูลเชิงพื้นที่ เพื่อให้ระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศที่ผลิตขึ้นนั้น มีความถูกต้องและมีมาตรฐานตามหลักวิชาการ ก่อนที่จะถูกส่งไปใช้ในราชการ และให้บริการสำหรับหน่วยงานภายในและภายนอกกรมที่ดิน ดังต่อไปนี้

๑. มาตรฐาน National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA) เป็นมาตรฐานที่พัฒนาโดย Federal Geographic Data Committee (FGDC) กำหนดแนวทางสำหรับการประเมินความถูกต้องของข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยกำหนดหุ้มนตรวจสอบให้กระจายตัวด้วยระยะห่างระหว่างกัน ๑๐% ของความยาวเส้นทแยงมุมของชุดข้อมูลและอย่างน้อยต้องมีหุ้มนตรวจสอบ ๒๐% ตั้งอยู่ในแต่ละ Quadrant ของข้อมูล ซึ่งมาตรฐาน NSSDA จะมุ่งเน้นการประเมินความถูกต้องเชิงตำแหน่ง (Positional Accuracy) ของข้อมูลให้มีความสอดคล้องกับตำแหน่งที่แท้จริงบนพื้นโลก โดยใช้ค่า Root Mean Square Error (RMSE) ในการประมาณค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่ง และรายงานผลในรูปของค่าระยะทางบนผิวดินที่ความเชื่อมั่น ๙๕%

หลักการประเมินความถูกต้องของแผนที่มีความสำคัญที่ต้องทำความเข้าใจในการปฏิบัติงานตามมาตรฐาน ดังนี้

(๑) จุดชี้ชัด (Well-defined Point) คือ จุดทดสอบที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ที่มีลักษณะชี้ตำแหน่งได้ชัดเจนทั้งบนแผนที่และบนพื้นที่ในสนาม ค่าพิกัดของจุดตรวจสอบในพื้นที่จะต้องได้มาจากการวิธีที่มีความถูกต้องสูงกว่าค่าพิกัดจากแผนที่ที่ประเมินจุดชี้ชัดเหล่านี้ ได้แก่ จุดตัดของคันนา จุดตัดถนน ขอบสนามฟุตบอล รอยต่อระหว่างถนนคอนกรีตกับยางมะตอย เป็นต้น

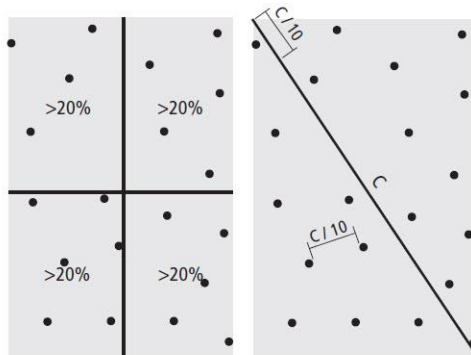
(๒) ค่าพิกัดจุดตรวจสอบที่เป็นอิสระ คือ จุดตรวจสอบที่ได้ใช้ในการทดสอบความถูกต้องของแผนที่ ค่าพิกัดที่ได้ต้องมาจากการวิธีการรังวัดที่เป็นอิสระจากข้อมูลแผนที่นั้น เช่น ได้มาจากการหมุดควบคุมที่มีความถูกต้องกว่าหมุดควบคุมที่ใช้ในแผนที่นั้น ด้วยวิธีการรังวัดจุดตรวจสอบด้วยเครื่องหาพิกัดด้วยดาวเทียม เป็นต้น

(๓) การกระจายของจุดตรวจสอบ มีความสำคัญต่อผลการประเมินความถูกต้องแผนที่ เพื่อมิให้เกิดความคลาดเคลื่อนของการลำเอียงในการประเมิน จุดตรวจสอบควรเลือกให้กระจายครอบคลุมพื้นที่ของแผนที่นั้นอย่างทั่วถึง และมีจำนวนที่เพียงพอ โดยเฉพาะบริเวณที่มีข้อมูลหนาแน่น ควรมีจุดตรวจสอบที่มากตามมาตรฐาน FGDC ซึ่งได้แนะนำว่า หากพื้นที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากค่าความถูกต้องของแผนที่ควรมีลักษณะสม่ำเสมอทั้งพื้นที่ ดังนั้น ระยะระหว่างจุดตรวจสอบที่ใช้ควรมีระยะห่างกันไม่น้อยกว่า ๑๐% ของระยะตามแนวทแยงมุมของแผนที่ให้กระจายทั่วทั้งภาพ โดยให้แบ่งพื้นที่เป็น ๔ ส่วน และในแต่ละส่วนจะมีจำนวนไม่น้อยกว่า ๒๐% ของจำนวนจุดตรวจสอบในแต่ละ Quadrant และเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องสูง จะต้องกำหนดจุดตรวจสอบให้ครอบคลุมในพื้นที่ที่มีสภาพภูมิประเทศที่มีความแตกต่างกัน ได้แก่

- Middle Mountains: พื้นที่ภูเขาที่มีความสูงไม่เกิน ๖๐๐ เมตร
- Rolling Hills: ที่ราบลูกฟูกที่มีความสูงต่ำของภูมิประเทศ
- Flat Areas: ที่ราบ
- Low Urban: พื้นที่ชุมชนไม่หนาแน่นมาก

(๔) จำนวนจุดตรวจสอบตามมาตรฐาน NSSDA กำหนดไว้ไม่น้อยกว่า ๒๐ จุดต่อชุดข้อมูลหรือแผนที่ ๑ ฉบับ

(๕) ค่าความคลาดเคลื่อนรากที่สองของค่าเฉลี่ย (RMSE) เป็นองค์ประกอบสำคัญของการประเมินความถูกต้องของแผนที่ และการรายงานผลตามมาตรฐาน NSSDA เป็นการรายงานความถูกต้องที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๕%



รูปที่ ๘ เกณฑ์ในการกำหนดจุดตรวจสอบตามมาตรฐาน NSSDA

๒. มาตรฐานความถูกต้องของสมาคมโฟโตแกรมเมตรีและการรับรู้จากระยะไกลแห่งอเมริกา (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing : ASPRS) กำหนดเกณฑ์ความถูกต้องเชิงเรขาคณิต เชิงคุณภาพ และเชิงข้อมูล สำหรับแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศว่ามีความถูกต้อง แม่นยำ และสามารถใช้งานได้อย่างน่าเชื่อถือ โดยใช้ค่า Root Mean Square Error in Horizontal Direction (RMSEr) วัดความคลาดเคลื่อนระหว่างตำแหน่งจริงบนพื้นดินกับตำแหน่งที่แสดงบนแผนที่ มาตรฐานกำหนดค่า RMSEr สูงสุดที่ยอมรับได้ ขึ้นอยู่กับมาตราส่วนของแผนที่ สำหรับแผนที่มาตราส่วน ๑ : ๔,๐๐๐ ตามมาตรฐาน ASPRS (๒๐๑๔) จะมีมาตรฐานความแม่นยำทางราบ (Horizontal Accuracy) แบ่งออกเป็น ระดับชั้นที่ ๑ ($RMSEr \leq 0.305$ เมตร), ระดับชั้นที่ ๒ ($RMSEr \leq 0.610$ เมตร), และระดับชั้นที่ ๓ ($RMSEr \leq 1.220$ เมตร) ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

$$\text{RMSEr} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(X_i - \hat{X}_i)^2 + (Y_i - \hat{Y}_i)^2]}$$

แทนค่า

X_i, Y_i, Z_i คือ ค่าพิกัดที่วัดได้จริง

$\hat{X}_i, \hat{Y}_i, \hat{Z}_i$ คือ ค่าพิกัดที่คาดการณ์หรือคำนวณได้

n คือ จำนวนของจุดตรวจสอบ (Check Points)

๓. ระเบียบกรมที่ดิน ว่าด้วยการสร้างและการใช้ระวางแผนที่ พ.ศ. ๒๕๔๗ กรมที่ดินได้กำหนดระเบียบที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและการใช้ระวางแผนที่ คือ ระเบียบกรมที่ดิน ว่าด้วยการสร้างและการใช้ระวางแผนที่ พ.ศ. ๒๕๔๗ เพื่อใช้สำหรับเป็นมาตรฐานในการจัดสร้าง ระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศของกองเทคโนโลยีทำแผนที่ กรมที่ดิน โดยได้กำหนดหลักเกณฑ์ การสร้างระวางแผนที่ไว้ในหมวด ๒ ข้อ ๑๔ มีรายละเอียดดังนี้

การสร้างระวางแผนที่รูปถ่ายทางอากาศจะต้องมีจุดบังคับภาพอย่างน้อย ๔ จุดในบริเวณมุมระวางแผนที่และเป็นจุดที่มีความคมชัดสามารถชี้ตำแหน่งบนรูปถ่ายทางอากาศ และเป็นตำแหน่งที่สามารถมองเห็นรายละเอียดบนพื้นดินได้อย่างชัดเจนมาใช้ในการปรับแก้ความเอียง และมาตราส่วนของรูปถ่ายทางอากาศเพื่อสร้างเป็นระวางแผนที่รูปถ่ายทางอากาศ

การปรับแก้ความเอียงและมาตราส่วนของรูปถ่ายทางอากาศเพื่อสร้างระวางแผนที่รูปถ่ายทางอากาศให้ดำเนินการตามหลักวิชาการทำแผนที่รูปถ่ายทางอากาศ โดยมีวิธีการดำเนินการ ดังต่อไปนี้

(๑) วิธีการปรับแก้ความเอียงและมาตราส่วนจากรูปถ่ายเดี่ยว (Single Photo Rectification) ใช้ในบริเวณพื้นราบหรือพื้นที่ที่มีความแตกต่างทางระดับของภูมิประเทศ ไม่มากนัก

(๒) วิธีการปรับแก้ความเอียงและมาตราส่วนจากรูปถ่ายคู่ (Ortho Photo Rectification) ใช้ทั้งในบริเวณพื้นราบและพื้นที่ที่มีความแตกต่างทางระดับของภูมิประเทศมาก และต้องนำข้อมูลระดับของภูมิประเทศที่ได้จากการรังวัดจริงมาใช้ในการกระบวนการสร้างระวางแผนที่ รูปถ่ายทางอากาศตามความเหมาะสมของพื้นที่

ความละเอียดถูกต้องของการต่อริมระวางแผนที่รูปถ่ายทางอากาศ ให้มีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนในการต่อริมระวางแผนที่ไม่เกิน ๓ มิลลิเมตร

๕. วิธีและขั้นตอนดำเนินการ

๕.๑ การเตรียมข้อมูล (Preprocessing)

เตรียมข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศและค่าพารามิเตอร์ของกล้องถ่ายภาพ DMC III และข้อมูลจุดเปิดถ่าย (EOP) ของภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข ที่มีความละเอียดจุดภาพ ๓๐ เซนติเมตร ดังนี้

๑. ข้อมูลชุดที่ ๑ คือ ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข (Digital Photo) ที่มีความละเอียดจุดภาพ ๓๐ เซนติเมตร จากกรมแผนที่ทหาร

๒. ข้อมูลชุดที่ ๒ คือ ข้อมูลภาพถ่ายตัดแก้เชิงเลข (Digital Orthophoto) ที่มีความละเอียดจุดภาพ ๓๐ เซนติเมตร จากกรมแผนที่ทหาร ที่มีการตัดแก้โดยใช้หมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน จำนวน ๑๔ หมุด

๓. ข้อมูลชุดที่ ๓ คือ ข้อมูลภาพถ่ายตัดแก้เชิงเลข (Digital Orthophoto) ที่มีความละเอียดจุดภาพ ๓๐ เซนติเมตร จากกรมแผนที่ทหาร ที่ไม่มีการตัดแก้โดยใช้หมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน

๔. เตรียมข้อมูลหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน (GCP) และหมุดตรวจสอบ (Check Point) โดยการวางแผนและดำเนินการออกภาคสนามเพื่อรังวัดหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน (GCP) และหมุดตรวจสอบ (Check Point) ให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา โดยระบบโครงข่ายการรังวัดดาวเทียมแบบจลน์ (RTK GNSS Network)



รูปที่ ๙ แสดงตัวอย่างการรังวัดหมุด GCP และ Check Point จากภาคสนาม

๕.๒ จัดสร้างและประมวลผลระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ (Digital Photomap)

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ข้อที่ ๑ เพื่อจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ (Digital Photomap) มาตรฐาน ๑ : ๔,๐๐๐ บริเวณพื้นที่บางส่วนของอำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี ตามกระบวนการสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศในระบบดิจิทัลของกรมที่ดินในรูปแบบ Bundle Block Adjustment โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข (Digital Photo) ของกรมแผนที่ทหาร ที่มีความละเอียดของจุดภาพ ๓๐ เซนติเมตร จึงต้องสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศจากข้อมูลชุดที่ ๑ ที่ได้ความอนุเคราะห์จากกรมแผนที่ทหาร รายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ ๑ เมื่อจัดเตรียมข้อมูลเรียบร้อยแล้ว จากนั้นดำเนินการสร้างบล็อกงานโดยใช้โปรแกรม ERDAS IMAGINE : LPS พร้อมทั้งกำหนดเส้นโครงแผนที่ (Projection) ของบล็อกงานเป็นระบบ UTM พื้นหลักฐานทางราบเป็น WGS ๘๔ และเลือกระบบแกนหมุนเป็นแบบ Omega, Phi, Kappa และกำหนดค่าความสูงบิน เป็น ๗,๐๐๐ เมตร ซึ่งเป็นค่าความสูงของเครื่องบินขณะบินถ่ายภาพโดยประมาณที่ได้จากข้อมูลค่าจุดเปิดถ่าย (EOP) ที่ได้มาพร้อมกับภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข

ขั้นตอนที่ ๒ นำเข้าข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศของบล็อกงานและกำหนดค่าพารามิเตอร์ของกล้องถ่ายภาพทางอากาศเชิงเลข เป็นการกำหนดค่ากล้องและเป็นการกระบวนการปรับทิศทาง

การวางตัวของภาพถ่ายทางอากาศให้อยู่ในแนวแกนหมุนที่เสมือนขณะทำการบินถ่ายภาพ (Interior Orientation and Exterior Orientation)

ขั้นตอนที่ ๓ รังวัดหมุดสำหรับงานถ่ายสามเหลี่ยมทางอากาศด้วยเครื่องมือ Stereo Point Measurement Tool ซึ่งเป็นการรังวัดหมุดพิกต์ต่าง ๆ ที่มีความสำคัญกับงานโครงข่ายสามเหลี่ยมทางอากาศอย่างมาก โดยทำการรังวัดหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน (Ground Control Point : GCP) ที่ได้จากภาคสนามลงในภาพถ่ายของบล็อกงาน เพื่อตรึงค่าพิกต์บนภาพถ่ายให้ตรงกับพิกต์จากหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน จากนั้นรังวัดจุดผ่าน (Pass Point) และรังวัดหมุดโยงยึด (Tie Point) ที่เห็นเด่นชัดบนภาพถ่ายทางอากาศ ซึ่งจุดผ่านต้องปรากฏบนภาพถ่ายทางอากาศอย่างน้อย ๒ ภาพขึ้นไป โดยต้องทำการรังวัดอย่างน้อย ๖ จุดบนส่วนซ้อนที่อยู่ในแนวมิน ในขั้นตอนนี้ควรใช้ความรอบคอบในการดำเนินการเป็นอย่างมาก เนื่องจากการออกแบบการวางหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน (GCP) หมุดโยงยึด (Tie Point) และจุดผ่าน (Pass Point) มีผลกับความถูกต้องของแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหมุดบังคับภาพภาคพื้นดินเป็นหมุดพิกต์ที่ต้องทำการรังวัดด้วยความละเอียดและความถูกต้องสูง และหมุดพิกต์ต่าง ๆ เหล่านี้จะถูกนำเข้าค่าพิกต์ไปในระบบสมการของการคำนวณตัดแก้บล็อกภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข หากเกิดข้อผิดพลาดในด้านการวางตำแหน่งของหมุดแต่ละหมุด อาจทำให้คำนวณโครงข่ายสามเหลี่ยมทางอากาศในขั้นตอนต่อไปเกิดค่าความคลาดเคลื่อนสูงกว่ามาตรฐาน

ขั้นตอนที่ ๔ คำนวณโครงข่ายสามเหลี่ยมทางอากาศ (Aerial Triangulation) จะใช้ค่าพิกต์ของหมุดบังคับภาพภาคพื้นดินเป็นหลักในการคำนวณอ้างอิง ทำให้การรังวัดหมุดต่าง ๆ บนภาพดิจิทัล ซึ่งเป็นหมุดที่ไม่มีค่าพิกต์ให้กลายเป็นหมุดที่มีค่าพิกต์ จากนั้นให้ทำการตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนรวม (RMSE) จากการคำนวณโครงข่ายสามเหลี่ยมทางอากาศของบล็อกงาน หากค่าความคลาดเคลื่อนรวม (RMSE) เกิน ๐.๓ pixels ให้ทำการตัดแก้ถ่ายสามเหลี่ยมทางอากาศของภาพถ่ายทางอากาศใหม่อีกครั้ง โดยกลับไปตรวจสอบจุดที่มีค่า RMSE สูงจากรายงานค่าความคลาดเคลื่อนของบล็อกงาน

ขั้นตอนที่ ๕ สร้างแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model : DEM) เมื่อทำการตัดแก้ถ่ายสามเหลี่ยมทางอากาศของภาพถ่ายทางอากาศเสร็จสิ้นและได้ค่าความคลาดเคลื่อนตามมาตรฐานค่าความคลาดเคลื่อนรวม (RMSE) ไม่เกิน ๐.๓ pixels แล้ว จะทำการสร้างแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขของบล็อกงานนั้นขึ้นมาใช้ในกระบวนการสร้างภาพถ่ายออร์โท เพื่อให้บล็อกงานนี้มีความถูกต้องเชิงตำแหน่งทั้งแกน X, Y, และ Z

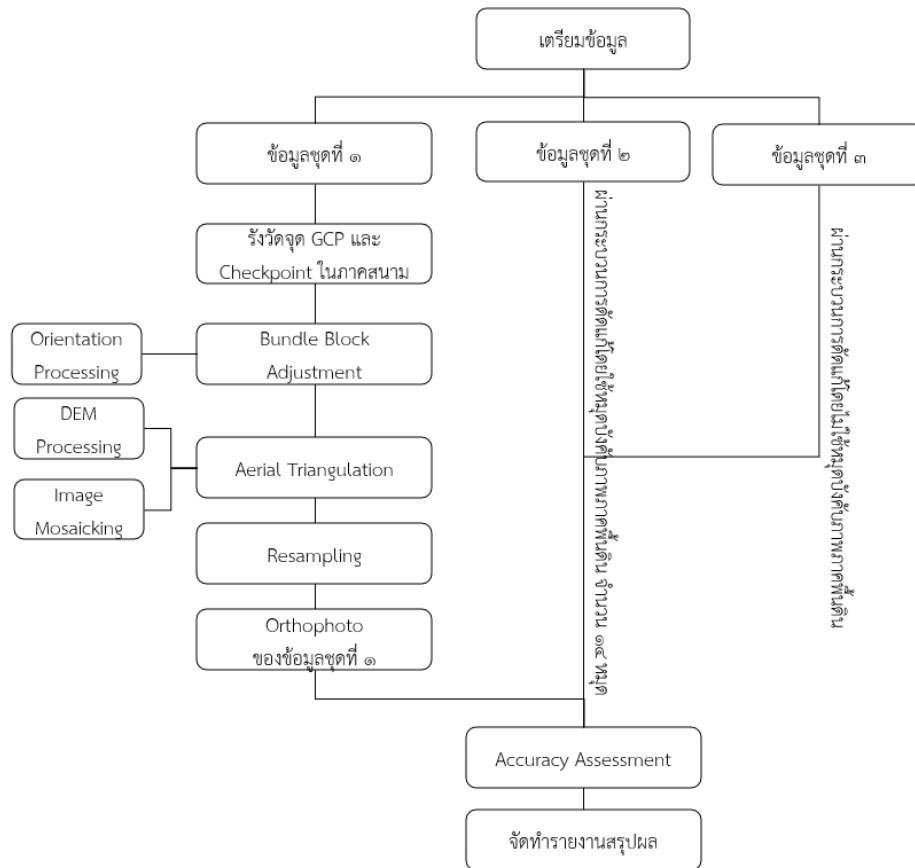
ขั้นตอนที่ ๖ สร้างภาพถ่ายออร์โทเชิงเลข จากภาพถ่ายทางอากาศสี่เชิงเลขที่ได้ทำการขจัดความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งของจุดภาพ (Relief Displacement) เนื่องจากความแตกต่างของระดับภูมิประเทศ และกระบวนการตัดแก้ความคลาดเคลื่อนจากการวางตัวของกล้อง (Camera Orientation) โดยผลผลิตที่ได้จากขั้นตอนนี้คือ ภาพถ่ายทางอากาศที่ผ่านการตัดแก้แล้วหรือภาพถ่ายออร์โทเชิงเลข (Orthophoto) ที่มีระบบพิกต์ฉาก UTM บนพื้นหลักฐาน WGS ๘๔

ขั้นตอนที่ ๗ ต่อภาพ (Mosaic) และการปรับแต่ง (Cutline) ภาพถ่ายที่ผ่านการตัดแก้แล้ว (Orthophoto) เพื่อสร้างแผนที่ภาพถ่ายขนาดใหญ่ที่มีความต่อเนื่องและปราศจากการบิดเบือนทางเรขาคณิต

๕.๓ การตรวจสอบความถูกต้องเชิงตำแหน่ง (Accuracy Assessment) ของชุดข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศทั้ง ๓ ชุด

ในขั้นตอนนี้จะทำการทดสอบความละเอียดถูกต้องทางตำแหน่งของแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศด้วยการรังวัดความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งของหมุดตรวจสอบ (Check Point) ที่ปรากฏบนภาพถ่ายทางอากาศของชุดข้อมูลทั้ง ๓ ชุด กับตำแหน่งจริงของหมุดตรวจสอบที่ได้จากการรังวัดด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมในพื้นที่จริง จากนั้นนำผลของค่าความแตกต่างของค่าพิกัดมาวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนของชุดข้อมูลทั้ง ๓ ชุด ตามมาตรฐาน National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA) และมาตรฐาน American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) รายละเอียดดังต่อไปนี้

- Point คือ หมายเลขของหมุดตรวจสอบ
- X (GPS) คือ ค่าพิกัดแกน X ที่ได้จากการรังวัดด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมในพื้นที่จริง
- Y (GPS) คือ ค่าพิกัดแกน Y ที่ได้จากการรังวัดด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมในพื้นที่จริง
- X (Map) คือ ค่าพิกัดแกน X ที่ได้จากการรังวัดจากภาพถ่ายทางอากาศ
- Y (Map) คือ ค่าพิกัดแกน Y ที่ได้จากการรังวัดจากภาพถ่ายทางอากาศ
- diff in x คือ ค่าความแตกต่างของค่าพิกัด X (GPS) และ X (Map)
- diff in y คือ ค่าความแตกต่างของค่าพิกัด Y (GPS) และ Y (Map)
- sqrt_diff in x คือ ค่ารากที่ ๒ ของ diff in x
- sqrt_diff in y คือ ค่ารากที่ ๒ ของ diff in y
- sum_sqrt_diff คือ ผลรวมของค่ารากที่ ๒ ของ diff in x และ y
- sqrt of sum diff คือ ค่ารากที่ ๒ ของ sum_sqrt_diff



รูปที่ ๑๐ แสดงแผนผังสรุปขั้นตอนการดำเนินงาน

๖. ผลการศึกษา

การศึกษการใช้ภาพถ่ายตัดแก้เชิงเลข (Digital Orthophoto) ของกรมแผนที่ทหาร มาใช้ในการกิจด้านภาพถ่ายทางอากาศของกรมที่ดินได้แบ่งชุดข้อมูลที่ใช้เพื่อทำการศึกษออกเป็น ๓ ชุดข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข ที่มีความละเอียดจุดภาพ ๓๐ เซนติเมตร ข้อมูลภาพถ่ายตัดแก้เชิงเลข ที่มีความละเอียดจุดภาพ ๓๐ เซนติเมตร และผ่านการตัดแก้ด้วยหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน จำนวน ๑๔ หมุด และข้อมูลภาพถ่ายตัดแก้เชิงเลข ที่มีความละเอียดจุดภาพ ๓๐ เซนติเมตร ที่ไม่ผ่านการตัดแก้ด้วยหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน บริเวณพื้นที่ศึกษาตำบลท่าเสา และตำบลวังกระแจะ อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี ได้ผลการศึกษาจากการคำนวณหาสามเหลี่ยมทางอากาศและการประเมินความถูกต้องเชิงตำแหน่ง ดังต่อไปนี้

๖.๑ ผลการศึกษาของข้อมูลชุดที่ ๑

๖.๑.๑ ผลจากการคำนวณหาสามเหลี่ยมทางอากาศ

เนื่องจากข้อมูลชุดที่ ๑ เป็นข้อมูลต้นฉบับที่ถ่ายจากกล้อง DMC III บินถ่ายภาพ ปี พ.ศ. ๒๕๖๖ ที่ได้รับมาจากกรมแผนที่ทหาร จากนั้นกรมที่ดินได้นำข้อมูลดังกล่าวเข้าสู่กระบวนการตัดแก้หาสามเหลี่ยมทางอากาศในรูปแบบวิธี Bundle Block Adjustment และใช้หมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน จำนวน ๑๐ หมุด ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา เพื่อสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศตามมาตรฐานของกรมที่ดิน เพื่อทดลองจัดสร้างข้อมูลชุดเดียวกัน ว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งแตกต่างจากข้อมูลชุดอื่น ๆ ในการศึกษาครั้งนี้ หรือไม่อย่างไร

จากการศึกษา พบว่า ในขั้นตอนของการคำนวณข่ายสามเหลี่ยมทางอากาศ โดยใช้วิธีการรังวัดด้วยภาพ และตัดแก้ภาพถ่ายทางอากาศ ด้วยวิธี Bundle Block Adjustment โดยใช้โปรแกรม Erdas Imagine ในการประมวลผลการตัดแก้ข่ายสามเหลี่ยมทางอากาศ ของบล็อกงานในพื้นที่ศึกษา มีค่า RMS Error ไม่เกิน ๐.๕ ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของการสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ ในมาตราส่วน ๑ : ๔,๐๐๐ ของกรมที่ดิน

๖.๑.๒ ผลจากการประเมินความถูกต้อง (Accuracy Assessment)

● มาตรฐานสากล National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA)

การประเมินความถูกต้องข้อมูลเชิงตำแหน่งของภาพออร์โทจากชุดข้อมูลที่ ๑ เป็นการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่ง โดยการเปรียบเทียบค่าพิกัดของหมุดตรวจสอบที่ได้จากการรังวัดดาวเทียมบนภูมิประเทศจริงกับค่าพิกัดของหมุดตรวจสอบของข้อมูลชุดที่ ๑ ซึ่งในการตรวจสอบความถูกต้องในครั้งนี้ จะใช้หมุดตรวจสอบจำนวน ๒๑ หมุด กระจายทั่วพื้นที่ศึกษา ได้ผลจากการประเมินความถูกต้อง (Accuracy Assessment) ของข้อมูลชุดที่ ๑ (จากตารางที่ ๑) ดังต่อไปนี้

๑. ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางราบ (RMSEr) เท่ากับ ๐.๓๒๗ เมตร

๒. ค่าความถูกต้องทางราบตามมาตรฐาน NSSDA (ที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๕%) เท่ากับ ๐.๕๖๖ เมตร

๓. ค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดของค่า X (Map) เท่ากับ ๐.๖๕๕ เมตร ที่หมุด CK-๑๑

๔. ค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดของค่า Y (Map) เท่ากับ ๐.๕๒๒ เมตร ที่หมุด CK-๐๘

๕. พิจารณาหมุดตรวจสอบที่มีค่าความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่ง (X, Y) มากกว่าความถูกต้องทางราบตามมาตรฐาน NSSDA พบว่า ไม่มีหมุดตรวจสอบใดที่มีค่าความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่ง (X, Y) มากกว่าความถูกต้องทางราบตามมาตรฐาน NSSDA

● มาตรฐานความถูกต้องของสมาคมโฟโตแกรมเมตรีและการรับรู้จากระยะไกล แห่งอเมริกา (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing : ASPRS)

ข้อมูลชุดที่ ๑ มีความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งรวม เท่ากับ ๐.๓๒๗ เมตร เมื่อนำมาจัดสร้างเป็นระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ มาตราส่วน ๑ : ๔,๐๐๐ ตามเกณฑ์มาตรฐาน ASPRS (๒๐๑๔) จะอยู่ในระดับชั้นที่ ๑ ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งไม่เกิน ๐.๓๓๘ เมตร ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

๑. หมุดตรวจสอบ ที่ใช้ในการคำนวณความถูกต้องในการศึกษาครั้งนี้ มีจำนวนทั้งสิ้น ๒๑ หมุด ซึ่งความแตกต่างของค่าพิกัดในหมุดตรวจสอบ คือ diff in x และ diff in y

๒. ภาพถ่ายทางอากาศต้นฉบับที่ทำการบินถ่ายภาพ มีค่า GSD เท่ากับ ๐.๓๐ เมตร

๓. ค่า RMSE ทางราบจากการทดสอบเท่ากับ ๐.๓๒๗ เมตร

๔. ค่าความถูกต้องทางราบตามมาตรฐาน ASPRS (ที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๕%) เท่ากับ ๐.๗๓๐๘ เมตร

๕. ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของค่า X (RMSEx) เท่ากับ ๐.๒๔๘ เมตร

๖. ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของค่า Y (RMSEy) เท่ากับ ๐.๒๔๔ เมตร

๖.๒ ผลการศึกษาของข้อมูลชุดที่ ๒

ข้อมูลชุดที่ ๒ เป็นข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศที่มีความละเอียดจุดภาพ ๓๐ เซนติเมตร ที่ผ่านกระบวนการตัดแก้ซ้ายสามเหลี่ยมทางอากาศโดยกรมแผนที่ทหาร ในรูปแบบวิธี Bundle Block Adjustment และมีการใช้หมุดบังคับภาพภาคพื้นดินในบริเวณพื้นที่ศึกษาและใกล้เคียง โดยรอบ จำนวน ๑๔ หมุด โดยประมวลผลภาพออร์โธในมาตรฐานแผนที่มาตราส่วนขนาดเล็ก ๑ : ๕๐,๐๐๐ และเมื่อทำการประเมินความถูกต้องเชิงตำแหน่ง (Accuracy Assessment) ด้วยมาตรฐานสากล NSSDA และ ASPRS (๒๐๑๔) ได้ผลการทดสอบ ดังนี้

๖.๒.๑ มาตรฐานสากล National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA)

การประเมินความถูกต้องข้อมูลเชิงตำแหน่งของภาพออร์โธจากชุดข้อมูลชุดที่ ๒ เป็นการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่ง โดยการเปรียบเทียบค่าพิกัดของหมุดตรวจสอบที่ได้จากการรังวัดด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมบนภูมิประเทศจริงกับค่าพิกัดของหมุดตรวจสอบของข้อมูลชุดที่ ๒ ซึ่งในการตรวจสอบความถูกต้องในครั้งนี้ จะใช้หมุดตรวจสอบจำนวน ๒๑ หมุดกระจายทั่วพื้นที่ศึกษา ได้ผลจากการประเมินความถูกต้อง (Accuracy Assessment) ของข้อมูลชุดที่ ๒ (จากตารางที่ ๒) ดังต่อไปนี้

๑. ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางราบ (RMSEr) เท่ากับ ๐.๖๐๓ เมตร

๒. ค่าความถูกต้องทางราบตามมาตรฐาน NSSDA (ที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๕%) เท่ากับ ๑.๐๔๓ เมตร

๓. ค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดของค่า X (Map) เท่ากับ ๐.๘๙๔ เมตร ที่หมุด CK-๑๑

๔. ค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดของค่า Y (Map) เท่ากับ ๐.๘๗๔ เมตร ที่หมุด CK-๑๕

๕. พิจารณาหมุดตรวจสอบที่มีค่าความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่ง (X, Y) มากกว่าความถูกต้องทางราบตามมาตรฐาน NSSDA พบว่า ไม่มีหมุดตรวจสอบใดที่มีค่าความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่ง (X, Y) มากกว่าความถูกต้องทางราบตามมาตรฐาน NSSDA

๖.๒.๒ มาตรฐานความถูกต้องของสมาคมโฟโตแกรมเมตรีและการรับรู้จากระยะไกล แห่งอเมริกา (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing : ASPRS)

ข้อมูลชุดที่ ๒ มีความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งรวม เท่ากับ ๐.๖๐๓ เมตร เมื่อนำมาจัดสร้างเป็นระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ มาตราส่วน ๑ : ๔,๐๐๐ ตามเกณฑ์มาตรฐาน ASPRS (๒๐๑๔) จะอยู่ในระดับชั้นที่ ๒ ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งไม่เกิน ๐.๖๓๖ เมตร ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

๑. หมุดตรวจสอบ ที่ใช้ในการคำนวณความถูกต้องในการศึกษาครั้งนี้ มีจำนวนทั้งสิ้น ๒๑ หมุด ซึ่งความแตกต่างของค่าพิกัดในหมุดตรวจสอบ คือ diff in x และ diff in y

๒. ภาพถ่ายทางอากาศต้นฉบับที่ทำการบินถ่ายภาพ มีค่า GSD เท่ากับ ๐.๓๐ เมตร

๓. ค่า RMSE ทางราบจากการทดสอบเท่ากับ ๐.๖๐๓ เมตร

๔. ค่าความถูกต้องทางราบตามมาตรฐาน ASPRS (ที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๕%) เท่ากับ ๑.๗๓๐๘ เมตร

๕. ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของค่า X (RMSEx) เท่ากับ ๐.๓๕๙ เมตร

๖. ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของค่า Y (RMSEy) เท่ากับ ๐.๓๒๗ เมตร

๖.๓ ผลการศึกษาของข้อมูลชุดที่ ๓

ข้อมูลชุดที่ ๓ เป็นข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศที่มีความละเอียดจุดภาพ ๓๐ เซนติเมตร ที่ผ่านกระบวนการตัดแก้ชายสามเหลี่ยมทางอากาศโดยกรมแผนที่ทหาร ในรูปแบบวิธี Bundle Block Adjustment และใช้เพียงค่า Exterior Orientation ไม่มีหมุดบังคับภาพภาคพื้นดินในการประมวลผล ชายสามเหลี่ยมทางอากาศ เมื่อทำการประเมินความถูกต้องเชิงตำแหน่ง (Accuracy Assessment) ด้วยมาตรฐานสากล NSSDA และ ASPRS (๒๐๑๔) ได้ผลการทดสอบ ดังนี้

๖.๓.๑ มาตรฐานสากล National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA)

การประเมินความถูกต้องข้อมูลเชิงตำแหน่งของภาพออร์โธจากชุดข้อมูลชุดที่ ๓ เป็นการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่ง โดยการเปรียบเทียบค่าพิกัดของหมุดตรวจสอบที่ได้จากการรังวัดด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมบนภูมิประเทศจริงกับค่าพิกัดของหมุดตรวจสอบของข้อมูลชุดที่ ๓ ซึ่งในการตรวจสอบความถูกต้องในครั้งนี้ จะใช้หมุดตรวจสอบจำนวน ๒๑ หมุด กระจายทั่วพื้นที่ศึกษา ได้ผลจากการประเมินความถูกต้อง (Accuracy Assessment) ของข้อมูลชุดที่ ๓ (จากตารางที่ ๓) ดังต่อไปนี้

๑. ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางราบ (RMSEr) เท่ากับ ๐.๗๓๘ เมตร

๒. ค่าความถูกต้องทางราบตามมาตรฐาน NSSDA (ที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๕%)

เท่ากับ ๑.๒๗๘ เมตร

๓. ค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดของค่า X (Map) เท่ากับ ๑.๖๓๒ เมตร ที่หมุด CK-๑๑

๔. ค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดของค่า Y (Map) เท่ากับ ๑.๔๙๘ เมตร ที่หมุด CK-๐๘

๕. พิจารณาหมุดตรวจสอบที่มีค่าความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่ง (X, Y)

มากกว่าความถูกต้องทางราบตามมาตรฐาน NSSDA พบว่า มีหมุดตรวจสอบจำนวน ๒ หมุด คือ

CK-๐๘ มีค่าความคลาดเคลื่อน ๑.๙๐๐ เมตร

CK-๑๑ มีค่าความคลาดเคลื่อน ๑.๖๔๐ เมตร

เมื่อพิจารณาจากผลการศึกษา ค่าที่คำนวณได้ถือว่าผ่านเกณฑ์การทดสอบความถูกต้องทางราบ ที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๕% ซึ่งยอมให้มีหมุดที่มีความคลาดเคลื่อนมากกว่าค่าความถูกต้องที่ได้ไม่เกิน ๕% (๑ หมุด จาก ๒๑ หมุด) ตามเกณฑ์มาตรฐาน NSSDA

๖.๓.๒ มาตรฐานความถูกต้องของสมาคมโฟโตแกรมเมตรีและการรับรู้จากระยะไกลแห่งอเมริกา (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing : ASPRS)

ข้อมูลชุดที่ ๓ มีความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งรวม เท่ากับ ๐.๗๓๘ เมตร เมื่อนำมาจัดสร้างเป็นระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ มาตราส่วน ๑ : ๔,๐๐๐ ตามเกณฑ์มาตรฐาน ASPRS (๒๐๑๔) จะอยู่ในระดับชั้นที่ ๓ ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งไม่เกิน ๑.๓๕๒ เมตร ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

๑. หมุดตรวจสอบ ที่ใช้ในการคำนวณความถูกต้องในการศึกษาครั้งนี้ มีจำนวนทั้งสิ้น ๒๑ หมุด ซึ่งความแตกต่างของค่าพิกัดในหมุดตรวจสอบ คือ diff in x และ diff in y

๒. ภาพถ่ายทางอากาศต้นฉบับที่ทำการบินถ่ายภาพ มีค่า GSD เท่ากับ ๐.๓๐ เมตร

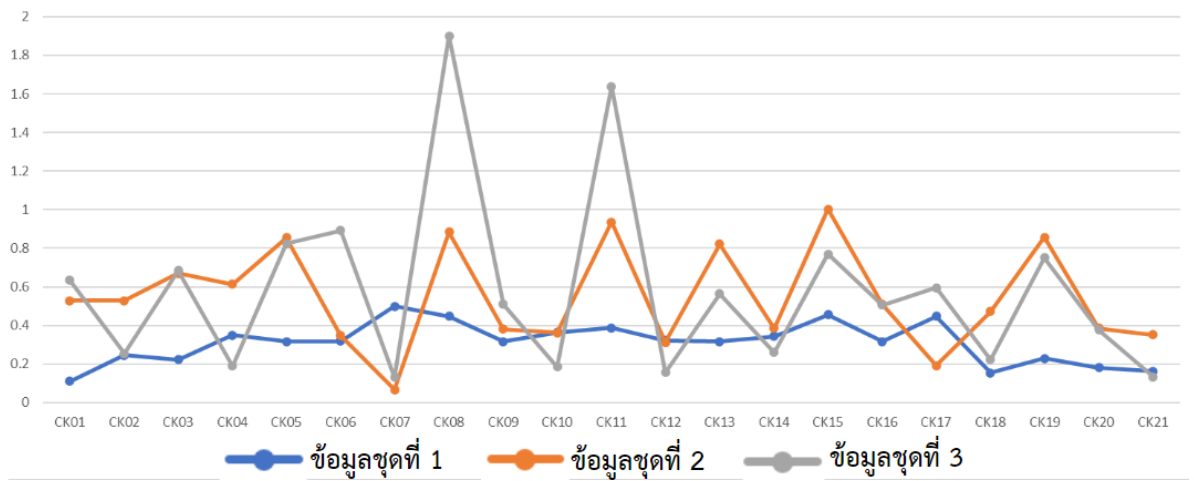
๓. ค่า RMSE ทางราบจากการทดสอบเท่ากับ ๐.๗๓๘ เมตร

๔. ค่าความถูกต้องทางราบตามมาตรฐาน ASPRS (ที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๕%)

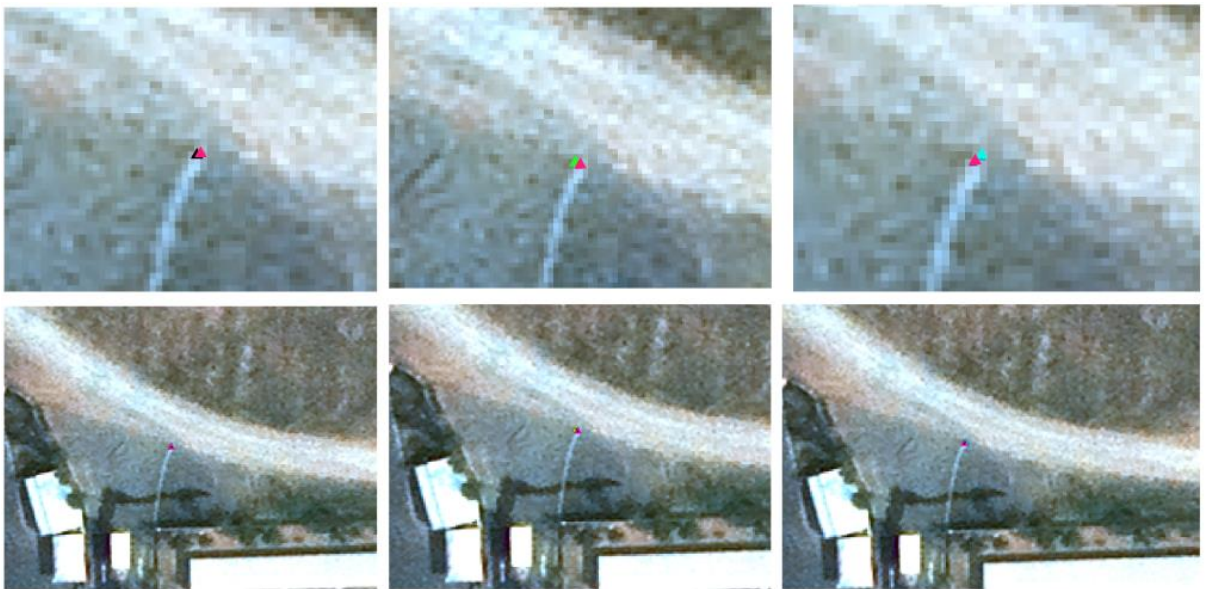
เท่ากับ ๑.๗๓๐๘ เมตร

๕. ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของค่า X (RMSE_x) เท่ากับ ๐.๔๖๐ เมตร

๖. ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของค่า Y (RMSE_y) เท่ากับ ๐.๒๘๕ เมตร



รูปที่ ๑๑ แสดง RMSEr ของหมด Check Point จำนวน ๒๑ หมดของชุดข้อมูลทั้ง ๓ ชุด



รูปที่ ๑๒ แสดงความคลาดเคลื่อนของหมด Check Point

ตารางที่ ๑ แสดงค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งของหมุดตรวจสอบ (Check Point) ของข้อมูลชุดที่ ๑ จำนวน ๒๑ หมุด
โดยระบบโครงข่ายการรังวัดดาวเทียมแบบจลน์ (RTK GNSS Network) บนพื้นฐาน WGS ๘๔

Point	X (GPS)	Y (GPS)	X (Map)	Y (Map)	diff in x	diff in y	sqrt_diff in x	sqrt_diff in y	sum_sqrt_ diff	sqrt of sum diff
CK๐๑	๕๐๕๑๐๐.๑๔๔	๑๕๓๑๖๓๕.๙๒๗	๕๐๕๑๐๐.๑๔๗	๑๕๓๑๖๓๖.๐๓๐	๐.๐๔๓	๐.๑๐๓	๐.๐๐๒	๐.๐๑๑	๐.๐๑๒	๐.๑๑๒
CK๐๒	๕๐๙๕๓๒.๓๘๗	๑๕๓๑๐๕๖.๓๐๑	๕๐๙๕๓๒.๔๗๕	๑๕๓๑๐๕๖.๕๓๐	๐.๐๘๘	๐.๒๒๙	๐.๐๐๘	๐.๐๕๒	๐.๐๖๐	๐.๒๔๕
CK๐๓	๕๐๖๔๕๖.๐๘	๑๕๓๓๘๔๗.๗๖๕	๕๐๖๔๕๖.๐๖๐	๑๕๓๓๘๔๗.๔๐๐	๐.๐๒๐	๐.๓๖๕	๐.๐๐๐	๐.๑๓๔	๐.๐๕๐	๐.๒๒๔
CK๐๔	๕๑๑๔๐๖.๒๕๔	๑๕๖๙๒๓๒.๘๖๗	๕๑๑๔๐๖.๕๘๒	๑๕๖๙๒๓๒.๙๙๐	๐.๓๒๘	๐.๑๒๓	๐.๑๐๘	๐.๐๑๕	๐.๑๒๓	๐.๓๕๐
CK๐๕	๕๐๖๙๑๔.๘๕๖	๑๕๖๘๙๒๓.๓๐๑	๕๐๖๙๑๔.๔๙๘	๑๕๖๘๙๒๓.๘๕๘	๐.๓๕๘	๐.๕๐๐	๐.๑๒๘	๐.๒๕๐	๐.๑๐๐	๐.๓๑๖
CK๐๖	๕๐๓๙๑๒.๔๘๘	๑๕๖๘๔๒๔.๐๐๔	๕๐๓๙๑๒.๗๒๑	๑๕๖๘๔๒๔.๒๒๐	๐.๒๓๓	๐.๒๑๖	๐.๐๕๔	๐.๐๔๗	๐.๑๐๑	๐.๓๑๘
CK๐๗	๕๑๑๘๗๒.๖๖๘	๑๕๓๐๘๕๓.๐๗๗	๕๑๑๘๗๒.๘๔๔	๑๕๓๐๘๕๒.๖๑๐	๐.๑๗๖	๐.๔๖๗	๐.๐๓๑	๐.๒๑๘	๐.๒๔๙	๐.๔๙๙
CK๐๘	๕๐๗๑๐๖.๐๔	๑๕๖๖๓๘๒.๑๕๘	๕๐๗๑๐๖.๓๕๒	๑๕๖๖๓๘๑.๖๓๖	๐.๓๑๒	๐.๕๒๒	๐.๐๙๘	๐.๒๗๓	๐.๒๐๐	๐.๔๔๗
CK๐๙	๕๑๓๒๙๘.๙	๑๕๖๗๐๔๑.๗๔๑	๕๑๓๒๙๙.๑๖๗	๑๕๖๗๐๔๑.๓๔๐	๐.๒๖๗	๐.๔๐๑	๐.๐๗๑	๐.๑๖๑	๐.๑๐๐	๐.๓๑๖
CK๑๐	๕๐๔๖๒๔.๒๔๗	๑๕๖๗๕๒๒.๖๑๙	๕๐๔๖๒๔.๔๖๖	๑๕๖๗๕๒๒.๙๑๐	๐.๒๑๙	๐.๒๙๑	๐.๐๔๘	๐.๐๘๕	๐.๑๓๓	๐.๓๖๔
CK๑๑	๕๐๔๒๑๔.๘๔๔	๑๕๓๓๗๑๖.๕๓๓	๕๐๔๒๑๔.๑๘๙	๑๕๓๓๗๑๖.๕๐๐	๐.๖๕๕	๐.๐๓๓	๐.๔๒๙	๐.๐๐๑	๐.๑๕๐	๐.๓๘๗
CK๑๒	๕๐๗๗๒๖.๐๘๑	๑๕๓๒๕๗๐.๖๕๑	๕๐๗๗๒๖.๓๘๐	๑๕๓๒๕๗๐.๗๗๐	๐.๒๙๙	๐.๑๑๙	๐.๐๘๙	๐.๐๑๔	๐.๑๐๔	๐.๓๒๒
CK๑๓	๕๑๑๕๗๑.๒๕๖	๑๕๖๗๐๒๑.๒๑๒	๕๑๑๕๗๐.๗๙๘	๑๕๖๗๐๒๐.๙๖๐	๐.๔๕๘	๐.๒๕๒	๐.๒๑๐	๐.๐๖๔	๐.๑๐๐	๐.๓๑๖
CK๑๔	๕๑๒๘๓๗.๘๘	๑๕๖๘๘๔๔.๘๑๒	๕๑๒๘๓๘.๐๙๕	๑๕๖๘๘๔๕.๐๘๐	๐.๒๑๕	๐.๒๖๘	๐.๐๔๖	๐.๐๗๒	๐.๑๑๘	๐.๓๔๔
CK๑๕	๕๑๒๙๒๑.๔๑๗	๑๕๓๑๕๓๑.๕๒๖	๕๑๒๙๒๑.๔๕๖	๑๕๓๑๕๓๑.๙๘๐	๐.๐๓๙	๐.๔๕๔	๐.๐๐๒	๐.๒๐๖	๐.๒๐๘	๐.๔๕๖
CK๑๖	๕๐๔๒๖๒.๗๓๔	๑๕๓๐๕๘๔.๙๗๕	๕๐๔๒๖๒.๑๙๕	๑๕๓๐๕๘๔.๙๘๐	๐.๕๓๙	๐.๐๐๕	๐.๒๙๑	๐.๐๐๐	๐.๑๐๐	๐.๓๑๖
CK๑๗	๕๐๗๘๔๑.๖๒๓	๑๕๓๐๔๔๖.๖๒๕	๕๐๗๘๔๑.๑๕๓	๑๕๓๐๔๔๖.๙๕๐	๐.๔๗๐	๐.๓๒๕	๐.๒๒๑	๐.๑๐๖	๐.๒๐๐	๐.๔๔๗
CK๑๘	๕๐๙๒๑๔.๒๑๙	๑๕๖๙๔๕๓.๔๕	๕๐๙๒๑๔.๑๘๐	๑๕๖๙๔๕๓.๖๐๐	๐.๐๓๙	๐.๑๕๐	๐.๐๐๒	๐.๐๒๓	๐.๐๒๔	๐.๑๕๕
CK๑๙	๕๐๖๓๘๑.๕๔๗	๑๕๖๘๐๔๕.๑๙๔	๕๐๖๓๘๑.๗๓๑	๑๕๖๘๐๔๕.๓๓๐	๐.๑๘๔	๐.๑๓๖	๐.๐๓๔	๐.๐๑๘	๐.๐๕๒	๐.๒๒๙
CK๒๐	๕๐๘๔๙๓.๒๙๘	๑๕๖๗๕๕๔.๓๙๕	๕๐๘๔๙๓.๔๐๗	๑๕๖๗๕๕๔.๒๕๐	๐.๑๐๙	๐.๑๔๕	๐.๐๑๒	๐.๐๒๑	๐.๐๓๓	๐.๑๘๑
CK๒๑	๕๑๓๕๗๗.๔๗๙	๑๕๖๙๔๖๖.๙๕	๕๑๓๕๗๗.๓๑๖	๑๕๖๙๔๖๖.๙๖๐	๐.๑๖๓	๐.๐๑๐	๐.๐๒๗	๐.๐๐๐	๐.๐๒๗	๐.๑๖๓
										SUM
										๒.๒๔๓
										๖.๕๐๘
										Average
										๐.๑๐๗
										RMSE
										๐.๓๒๗
										NSSDA
										๐.๕๖๖
										๐.๙๖๔

ตารางที่ ๒ แสดงค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งของหมุดตรวจสอบ (Check Point) ของข้อมูลชุดที่ ๒ จำนวน ๒๓ หมุด
โดยระบบโครงข่ายการรับวัดดาวเทียมแบบกลืน (RTK GNSS Network) บนพื้นฐาน WGS ๘๔

Point	X (GPS)	Y (GPS)	X (Map)	Y (Map)	diff in x	diff in y	sqrt_diff in x	sqrt_diff in y	sum_sqrt_diff	sqrt of sum diff
CK๐๑	๕๐๕๑๐๐.๑๔๔	๑๕๗๑๖๓๕.๙๒๗	๕๐๕๑๐๐.๓๗๘	๑๕๗๑๖๓๖.๔๐๐	๐.๒๗๔	๐.๔๗๓	๐.๐๕๕	๐.๒๒๔	๐.๒๗๘	๐.๕๒๘
CK๐๒	๕๐๙๕๓๒.๓๘๗	๑๕๗๑๐๕๖.๓๐๑	๕๐๙๕๓๒.๔๑๑	๑๕๗๑๐๕๖.๘๓๐	๐.๐๒๔	๐.๕๒๙	๐.๐๐๑	๐.๒๘๐	๐.๒๘๐	๐.๕๓๐
CK๐๓	๕๐๖๔๕๖.๐๘	๑๕๗๑๘๘๔.๗๖๕	๕๐๖๔๕๖.๔๗๖	๑๕๗๑๘๘๔.๒๒๕	๐.๓๙๖	๐.๕๔๐	๐.๑๕๗	๐.๒๙๒	๐.๔๔๘	๐.๖๗๐
CK๐๔	๕๐๑๔๐๖.๒๕๔	๑๕๖๙๒๓๒.๘๖๗	๕๐๑๔๐๖.๒๓๔	๑๕๖๙๒๓๓.๔๘๐	๐.๐๒๐	๐.๖๑๓	๐.๐๐๐	๐.๓๗๖	๐.๓๗๖	๐.๖๑๓
CK๐๕	๕๐๖๙๑๔.๘๕๖	๑๕๖๘๙๒๓.๓๐๑	๕๐๖๙๑๔.๐๑๑	๑๕๖๘๙๒๓.๕๓๐	๐.๘๕๖	๐.๑๒๙	๐.๗๑๖	๐.๐๑๗	๐.๗๑๖	๐.๘๕๖
CK๐๖	๕๐๓๙๑๒.๔๘๘	๑๕๖๘๔๒๔.๐๐๔	๕๐๓๙๑๒.๓๒๔	๑๕๖๘๔๒๔.๓๑๐	๐.๑๖๔	๐.๓๐๖	๐.๐๒๗	๐.๐๙๔	๐.๑๒๑	๐.๓๔๗
CK๐๗	๕๐๑๘๗๒.๖๖๘	๑๕๗๐๘๕๓.๐๗๗	๕๐๑๘๗๒.๖๒๘	๑๕๗๐๘๕๓.๑๓๐	๐.๐๔๐	๐.๐๕๓	๐.๐๐๒	๐.๐๐๓	๐.๐๐๔	๐.๐๖๖
CK๐๘	๕๐๗๑๐๖.๐๔	๑๕๖๖๓๘๒.๑๕๘	๕๐๗๑๐๖.๖๐๗	๑๕๖๖๓๘๑.๔๘๐	๐.๕๖๗	๐.๖๗๘	๐.๓๒๑	๐.๔๖๐	๐.๗๘๑	๐.๘๘๔
CK๐๙	๕๐๓๒๙๘.๙	๑๕๖๗๐๔๑.๗๔๑	๕๐๓๒๙๙.๒๗๘	๑๕๖๗๐๔๑.๗๙๐	๐.๓๗๘	๐.๐๕๙	๐.๑๔๓	๐.๐๐๒	๐.๑๔๕	๐.๓๘๑
CK๑๐	๕๐๔๖๒๔.๒๔๗	๑๕๖๗๕๒๒.๖๑๙	๕๐๔๖๒๔.๖๐๖	๑๕๖๗๕๒๒.๖๖๐	๐.๓๔๙	๐.๐๔๑	๐.๑๒๙	๐.๐๐๒	๐.๑๓๑	๐.๓๖๑
CK๑๑	๕๐๔๒๑๔.๘๔๔	๑๕๗๑๓๗๑.๕๕๓	๕๐๔๒๑๔.๙๕๐	๑๕๗๑๓๗๑.๘๑๐	๐.๘๔๔	๐.๒๗๗	๐.๗๙๙	๐.๐๗๗	๐.๘๗๖	๐.๙๓๖
CK๑๒	๕๐๗๗๒๖.๐๘๑	๑๕๗๒๕๗๐.๖๕๑	๕๐๗๗๒๖.๒๓๘	๑๕๗๒๕๗๐.๙๒๐	๐.๕๕๗	๐.๒๖๙	๐.๐๒๕	๐.๐๗๒	๐.๐๙๗	๐.๓๑๑
CK๑๓	๕๐๑๕๗๑.๒๕๖	๑๕๖๗๐๒๑.๒๑๒	๕๐๑๕๗๑.๔๓๕	๑๕๖๗๐๒๑.๑๙๐	๐.๘๒๑	๐.๐๒๒	๐.๖๗๔	๐.๐๐๐	๐.๖๗๕	๐.๘๒๑
CK๑๔	๕๐๒๒๘๓๗.๘๘	๑๕๖๘๘๘๔.๘๑๒	๕๐๒๒๘๓๘.๒๖๕	๑๕๖๘๘๘๔.๘๐๐	๐.๓๘๕	๐.๐๑๒	๐.๑๘๘	๐.๐๐๐	๐.๑๘๘	๐.๓๘๕
CK๑๕	๕๐๒๙๒๑.๔๑๗	๑๕๗๑๕๓๑.๕๒๖	๕๐๒๙๒๑.๙๒๕	๑๕๗๑๕๓๒.๔๐๐	๐.๔๓๒	๐.๘๗๔	๐.๒๔๒	๐.๗๖๔	๑.๐๐๖	๑.๐๐๓
CK๑๖	๕๐๔๖๖๒.๗๓๔	๑๕๗๐๕๘๔.๙๗๕	๕๐๔๖๖๒.๖๑๔	๑๕๗๐๕๘๔.๙๗๐	๐.๑๒๐	๐.๔๙๕	๐.๐๑๔	๐.๒๔๕	๐.๒๔๕	๐.๕๐๙
CK๑๗	๕๐๗๘๔๑.๖๒๓	๑๕๗๐๔๔๖.๖๒๕	๕๐๗๘๔๑.๗๓๕	๑๕๗๐๔๔๖.๔๗๐	๐.๑๑๒	๐.๑๕๕	๐.๐๑๓	๐.๐๒๔	๐.๐๓๗	๐.๑๙๑
CK๑๘	๕๐๙๒๑๔.๒๑๙	๑๕๖๙๙๔๕๓.๔๕	๕๐๙๒๑๔.๕๒๖	๑๕๖๙๙๔๕๓.๘๑๐	๐.๓๐๗	๐.๓๖๐	๐.๐๙๔	๐.๑๓๐	๐.๒๒๔	๐.๔๗๓
CK๑๙	๕๐๖๓๘๑.๕๕๗	๑๕๖๘๐๔๕.๑๙๔	๕๐๖๓๘๑.๒๐๗	๑๕๖๘๐๔๕.๗๔๐	๐.๖๖๐	๐.๕๕๖	๐.๔๓๖	๐.๒๙๘	๐.๗๓๔	๐.๘๕๗
CK๒๐	๕๐๘๔๙๓.๒๙๘	๑๕๖๗๕๕๔.๓๙๕	๕๐๘๔๙๓.๐๖๓	๑๕๖๗๕๕๔.๗๐๐	๐.๒๓๕	๐.๓๐๕	๐.๐๕๕	๐.๐๙๓	๐.๑๔๘	๐.๓๘๕
CK๒๑	๕๐๓๕๗๗.๔๗๙	๑๕๖๙๔๖๖.๙๕	๕๐๓๕๗๗.๑๕๗	๑๕๖๙๔๖๖.๘๑๐	๐.๓๒๒	๐.๑๔๐	๐.๑๐๔	๐.๐๒๐	๐.๑๒๓	๐.๓๕๑
					SUM					๑๑.๔๕๙
					Average					๐.๕๔๖
					RMSE					๐.๗๓๙
					NSSDA					๑.๒๗๙

ตารางที่ ๓ แสดงค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งของหมุดตรวจสอบ (Check Point) ของข้อมูลชุดที่ ๓ จำนวน ๒๑ หมุด
โดยระบบโครงข่ายการรังวัดดาวเทียมแบบจลน์ (RTK GNSS Network) บนพื้นฐาน WGS ๘๔

Point	X (GPS)	Y (GPS)	X (Map)	Y (Map)	diff in x	diff in y	sqrt_diff in x	sqrt_diff in y	sum_sqrt_ diff	sqrt of sum diff
CK๐๑	๕๐๕๑๐๐.๑๔๔	๑๕๗๑๖๓๕.๙๒๗	๕๐๕๑๐๐.๓๗๐	๑๕๗๑๖๓๖.๕๒๐	๐.๒๒๖	๐.๕๙๓	๐.๐๕๑	๐.๓๕๒	๐.๔๐๓	๐.๖๓๕
CK๐๒	๕๐๙๕๓๒.๓๘๗	๑๕๗๑๐๕๖.๓๐๑	๕๐๙๕๓๒.๕๘๕	๑๕๗๑๐๕๖.๔๖๐	๐.๑๙๘	๐.๑๕๙	๐.๐๓๙	๐.๐๒๕	๐.๐๖๔	๐.๒๕๔
CK๐๓	๕๐๖๔๕๖.๐๘	๑๕๗๑๘๘๔.๗๖๕	๕๐๖๔๕๕.๕๒๐	๑๕๗๑๘๘๔.๑๖๐	๐.๕๖๐	๐.๓๙๕	๐.๓๑๔	๐.๑๕๖	๐.๔๗๐	๐.๖๘๕
CK๐๔	๕๐๑๔๐๖.๒๕๔	๑๕๖๙๒๓๒.๘๖๗	๕๐๑๔๐๖.๑๗๘	๑๕๖๙๒๓๓.๐๔๐	๐.๐๗๖	๐.๑๗๓	๐.๐๐๖	๐.๐๓๐	๐.๐๓๖	๐.๑๘๙
CK๐๕	๕๐๖๙๑๔.๘๘๖	๑๕๖๘๙๒๓.๓๐๑	๕๐๖๘๙๑๔.๐๔๒	๑๕๖๘๙๒๓.๑๘๐	๐.๘๑๔	๐.๑๒๑	๐.๖๖๓	๐.๐๑๕	๐.๖๗๗	๐.๘๒๓
CK๐๖	๕๐๓๙๑๒.๔๘๘	๑๕๖๘๔๒๔.๐๐๔	๕๐๓๙๑๑.๖๐๔	๑๕๖๘๔๒๔.๑๓๐	๐.๘๘๔	๐.๑๒๖	๐.๗๘๑	๐.๐๑๖	๐.๗๙๗	๐.๘๙๓
CK๐๗	๕๐๑๘๗๒.๖๖๘	๑๕๗๐๘๕๓.๐๗๗	๕๐๑๘๗๒.๗๐๐	๑๕๗๐๘๕๒.๙๕๐	๐.๐๓๒	๐.๑๒๗	๐.๐๐๑	๐.๐๑๖	๐.๐๑๗	๐.๑๓๑
CK๐๘	๕๐๗๑๐๖.๐๔	๑๕๖๖๓๘๒.๑๕๘	๕๐๗๑๐๖.๒๐๙	๑๕๖๖๓๘๐.๖๖๐	๑.๖๖๙	๑.๔๙๘	๑.๓๖๗	๒.๒๔๔	๓.๖๑๑	๑.๙๐๐
CK๐๙	๕๐๓๒๙๘.๙	๑๕๖๗๐๔๑.๗๔๑	๕๐๓๒๙๙.๓๘๐	๑๕๖๗๐๔๑.๕๗๐	๐.๔๘๐	๐.๑๗๑	๐.๒๓๐	๐.๐๒๙	๐.๒๖๐	๐.๕๑๐
CK๑๐	๕๐๔๖๒๔.๒๔๗	๑๕๖๗๕๒๒.๖๑๙	๕๐๔๖๒๔.๑๕๕	๑๕๖๗๕๒๒.๗๘๐	๐.๐๙๒	๐.๑๖๑	๐.๐๐๘	๐.๐๒๖	๐.๐๓๔	๐.๑๘๕
CK๑๑	๕๐๔๒๑๔.๘๔๔	๑๕๗๑๓๗๑๖.๕๕๓	๕๐๔๒๑๓.๒๑๒	๑๕๗๑๓๗๑๖.๖๙๐	๑.๖๓๒	๐.๑๕๗	๒.๖๖๓	๐.๐๒๕	๒.๖๘๘	๑.๖๔๐
CK๑๒	๕๐๗๑๒๖.๐๘๑	๑๕๗๒๕๗๐.๖๕๑	๕๐๗๑๒๕.๙๕๒	๑๕๗๒๕๗๐.๗๔๐	๐.๑๒๙	๐.๐๘๙	๐.๐๑๗	๐.๐๐๘	๐.๐๒๕	๐.๑๕๗
CK๑๓	๕๐๑๕๗๑.๒๕๖	๑๕๖๗๐๒๑.๒๑๒	๕๐๑๕๗๐.๗๕๒	๑๕๖๗๐๒๐.๙๖๐	๐.๕๐๔	๐.๒๕๒	๐.๒๕๔	๐.๐๖๔	๐.๓๑๘	๐.๕๖๓
CK๑๔	๕๐๒๘๓๗.๘๘	๑๕๖๘๘๘๔.๘๑๒	๕๐๒๘๘๓๘.๐๘๐	๑๕๖๘๘๘๔.๙๘๐	๐.๒๐๐	๐.๑๖๘	๐.๐๔๐	๐.๐๒๘	๐.๐๖๘	๐.๒๖๑
CK๑๕	๕๐๒๙๒๑.๔๑๗	๑๕๗๑๕๓๑.๕๒๖	๕๐๒๙๒๐.๘๙๓	๑๕๗๑๕๓๒.๐๙๐	๐.๕๒๔	๐.๕๖๔	๐.๒๗๕	๐.๓๑๘	๐.๕๙๓	๐.๗๗๐
CK๑๖	๕๐๔๒๖๒.๗๓๔	๑๕๗๐๕๘๔.๙๗๕	๕๐๔๒๖๒.๒๒๙	๑๕๗๐๕๘๔.๙๙๐	๐.๕๐๕	๐.๐๑๕	๐.๒๕๕	๐.๐๐๐	๐.๒๕๕	๐.๕๐๕
CK๑๗	๕๐๗๘๔๑.๖๒๓	๑๕๗๐๔๔๖.๖๒๕	๕๐๗๘๔๑.๐๗๖	๑๕๗๐๔๔๖.๘๖๐	๐.๕๔๗	๐.๒๓๕	๐.๒๙๙	๐.๐๕๕	๐.๓๕๔	๐.๕๙๕
CK๑๘	๕๐๙๒๑๔.๒๑๙	๑๕๖๙๙๔๕๓.๔๕๕	๕๐๙๒๑๔.๐๑๙	๑๕๖๙๙๔๕๓.๕๕๐	๐.๒๐๐	๐.๑๐๐	๐.๐๔๐	๐.๐๑๐	๐.๐๕๐	๐.๒๒๔
CK๑๙	๕๐๖๓๙๑.๕๕๗	๑๕๖๘๐๔๕.๑๙๔	๕๐๖๓๙๑.๐๒๙	๑๕๖๘๐๔๕.๗๗๐	๐.๔๘๒	๐.๕๗๖	๐.๒๓๒	๐.๓๓๒	๐.๕๖๔	๐.๗๕๑
CK๒๐	๕๐๘๙๙๓.๒๙๘	๑๕๖๗๕๕๔.๓๙๕	๕๐๘๙๙๓.๖๑๓	๑๕๖๗๕๕๔.๖๐๐	๐.๓๑๕	๐.๒๐๕	๐.๐๙๙	๐.๐๔๒	๐.๑๔๑	๐.๓๗๖
CK๒๑	๕๐๓๕๗๗.๔๗๙	๑๕๖๙๔๖๖.๙๕๕	๕๐๓๕๗๗.๓๗๙	๑๕๖๙๔๖๖.๘๖๐	๐.๑๐๐	๐.๐๙๐	๐.๐๑๐	๐.๐๐๘	๐.๐๑๘	๐.๑๓๕
SUM					๑๑.๔๔๓					๑๒.๑๘๑
Average					๐.๕๕๕					๐.๕๘๐
RMSE					๐.๗๓๘					๐.๗๖๒
NSSDA					๑.๒๗๘					๑.๓๑๘

๗. สรุปผลการศึกษา

การศึกษาการใช้ภาพถ่ายตัดแก้เชิงเลขของกรมแผนที่ทหารในการกิจด้านภาพถ่ายทางอากาศของกรมที่ดิน เพื่อปรับปรุงข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขของกรมที่ดินให้มีความทันสมัย และสามารถสนับสนุนภารกิจของกรมที่ดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ พบว่า ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศที่ผ่านการตัดแก้ย้ายสามเหลี่ยมทางอากาศในรูปแบบ Bundle Block Adjustment โดยใช้หมุดบังคับภาพภาคพื้นดินมีความแม่นยำสูงกว่าข้อมูลที่ไม่ได้ใช้หมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน กล่าวคือ ข้อมูลชุดที่ ๑ และชุดที่ ๒ มีค่าความคลาดเคลื่อนทางราบ ๐.๓๒๗ เมตร และ ๐.๖๐๓ เมตร ตามลำดับ ในขณะที่ข้อมูลชุดที่ ๓ ที่ไม่ได้ใช้หมุดบังคับภาพภาคพื้นดินมีค่าความคลาดเคลื่อนทางราบ ๐.๗๓๘ เมตร ซึ่งสอดคล้องกับระดับความแม่นยำ ระดับชั้นที่ ๑, ระดับชั้นที่ ๒ และระดับชั้นที่ ๓ ตามมาตรฐาน ASPRS (๒๐๑๔) ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลที่สามารถนำไปสร้างเป็นระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศจะต้องอยู่ภายใต้มาตรฐาน NSSDA และต้องสอดคล้องกับระดับความแม่นยำในระดับชั้นที่ ๑ และ ๒ จึงได้ข้อสรุปว่า ข้อมูลชุดที่ ๑ และชุดที่ ๒ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่สามารถสร้างเป็นระวางแผนที่ฯ สำหรับใช้ในการกิจของกรมที่ดินได้ อย่างไรก็ตาม การใช้หมุดบังคับภาพภาคพื้นดินเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการตัดแก้ย้ายสามเหลี่ยมทางอากาศของข้อมูลภาพถ่ายตัดแก้เชิงเลข แม้ว่าข้อมูลชุดที่ ๒ จะประมวลผลภาพออร์โธในมาตรฐานแผนที่มาตราส่วนขนาดเล็ก ๑ : ๕๐,๐๐๐ แต่หากมีหมุดบังคับภาพภาคพื้นดินที่เพียงพอและครอบคลุมพื้นที่ศึกษาอย่างรัดกุมก็สามารถใช้ข้อมูลชุดนี้ในการกิจของกรมที่ดินได้

ตารางที่ ๔ แสดงค่าทางสถิติโดยรวมของชุดข้อมูลทั้ง ๓ ชุด

	ข้อมูลชุดที่ ๑	ข้อมูลชุดที่ ๒	ข้อมูลชุดที่ ๓
ค่าความคลาดเคลื่อนทางราบ (RMSEr)	๐.๓๒๗	๐.๖๐๓	๐.๗๓๘
ค่าความถูกต้องทางราบตามมาตรฐาน NSSDA	๐.๕๖๖	๑.๐๔๓	๑.๒๗๘
มาตรฐานความแม่นยำทางราบ ASPRS	ระดับชั้นที่ ๑	ระดับชั้นที่ ๒	ระดับชั้นที่ ๓

๘. ประโยชน์ที่ได้รับ

จากผลการศึกษาข้อมูลภาพถ่ายตัดแก้เชิงเลข (Digital Orthophoto) ที่มีความละเอียดของจุดภาพ ๓๐ เซนติเมตร ของกรมแผนที่ทหาร ทั้ง ๓ ชุดข้อมูล ทำให้สามารถเปรียบเทียบและทราบว่าชุดข้อมูลที่มีการใช้หมุดบังคับภาพภาคพื้นดินอย่างเพียงพอและผ่านกระบวนการตัดแก้ย้ายสามเหลี่ยมทางอากาศสำหรับการสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ มาตราส่วน ๑ : ๔,๐๐๐ มีความเหมาะสมและสามารถสนับสนุนข้อมูลในการกิจต่าง ๆ ของกรมที่ดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้เกิดประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

๑. ด้านความทันสมัยและความถูกต้อง

- โครงการนี้ช่วยในการปรับปรุงข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขของกรมที่ดินให้มีความทันสมัยและตรงตามมาตรฐานปัจจุบัน ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการสนับสนุนการวางแผนและการตัดสินใจที่แม่นยำในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ทุกภาคส่วน

- ข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขที่ผลิตภายใต้มาตรฐาน NSSDA และมาตรฐาน ASPRS (๒๐๑๔) ในระดับความแม่นยำ Class ๑ และ Class ๒ สามารถนำไปใช้สร้างระวางแผนที่ฯ ที่สอดคล้องกับมาตรฐานของกรมที่ดิน ช่วยให้การดำเนินงานมีความน่าเชื่อถือและมีคุณภาพ

๒. ด้านการบูรณาการข้อมูลร่วมกันระหว่างหน่วยงาน

- การสนับสนุนการบูรณาการข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขที่มีมาตรฐานและความแม่นยำสูง สามารถใช้เป็นฐานข้อมูลในการบูรณาการข้อมูลร่วมกันระหว่างหน่วยงานต่าง ๆ เช่น กรมที่ดิน กรมแผนที่ทหาร และหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

- การแลกเปลี่ยนข้อมูลและความร่วมมือด้านข้อมูลที่มีมาตรฐานเดียวกัน ช่วยเพิ่มความสะดวกในการแลกเปลี่ยนข้อมูลและการทำงานร่วมกันระหว่างหน่วยงาน ซึ่งจะนำไปสู่การตัดสินใจและการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

๓. ด้านการสนับสนุนภารกิจของกรมที่ดิน

- ข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขที่มีมาตรฐานจะสามารถสนับสนุนภารกิจหลักของกรมที่ดินในการแก้ไขปัญหาและข้อพิพาทต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับที่ดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

- ข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขที่มีความถูกต้องและแม่นยำสูงช่วยเพิ่มความเชื่อมั่นในการทำงานของเจ้าหน้าที่กรมที่ดินในการแก้ไขปัญหาและข้อพิพาทต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับที่ดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มสร้างระวางแผนที่รูปถ่ายทางอากาศ ส่วนสร้างระวางแผนที่รูปถ่ายทางอากาศ กองเทคโนโลยีทำแผนที่
กรมที่ดิน. (๒๕๕๙). **การศึกษาและประเมินความถูกต้อง สำหรับงานสร้างระวางแผนที่
ภาพถ่ายทางอากาศสี่เชิงเลขจากข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศสี่เชิงเลข (DMC)
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. กรุงเทพฯ: กลุ่มสร้างระวางแผนที่รูปถ่ายทางอากาศ.
- ไพศาล สันติธรรมนนท์. (๒๕๕๕). **การรังวัดด้วยภาพดิจิทัล (Digital Photogrammetry)** (พิมพ์ครั้งที่ ๒).
กรุงเทพฯ: แอคทีฟ พรินท์.
- ร.อ. กิตติพงษ์ บัวลอย และคณะ. (ม.ป.ป.). **Airborne Digital Cameras**. กรุงเทพฯ: โรงเรียน
แผนที่ กรมแผนที่ทหาร.
- ส่วนสร้างระวางแผนที่รูปถ่ายทางอากาศ สำนักเทคโนโลยีทำแผนที่ กรมที่ดิน. (ม.ป.ป.). **การสร้างระวาง
แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ**. [แผ่นพับ]. นนทบุรี: ส่วนสร้างระวางแผนที่รูปถ่ายทางอากาศ
สำนักเทคโนโลยีทำแผนที่ กรมที่ดิน.
- American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS). (๒๐๑๔). **New
Standard for New Era: Overview of the ๒๐๑๕ ASPRS Positional Accuracy
Standards for Digital Geospatial Data**, March ๒๐๑๕, ๑๗๓ – ๑๗๖.
http://www.asprs.org/a/society/committees/standards/PERS_March๒๐๑๕_Highlight.pdf
- Federal Geographic Data Committee. (๑๙๙๘). **Geospatial Positioning Accuracy
Standards Part ๓ : National Standard for Spatial Data Accuracy**. Reston,
Virginia: U.S. Geological Survey.
- Geospatial Information Authority of Japan (GSI). (n.d.). **DSM and DEM**.
http://www.gsi.go.jp/kankyochiri/Laser_senmon.html.

ภาคผนวก ก

แบบสำรวจหมดบังคับภาพภาคพื้นดิน



แบบสำรวจหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน
โครงการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ DMC

หมายเลขหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน GCP01 ชื่อภาพถ่าย DMC ระวางแผนที่ 4837 III 0266
สถานที่ตั้ง ตำบลวังกระแจะ อำเภอไทรโยค ปีบินถ่ายภาพ 2566 จังหวัด กาญจนบุรี

ค่าพิกัดหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84

E = 503334.285 เมตร

N = 1567844.565 เมตร

โซน 47

พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975

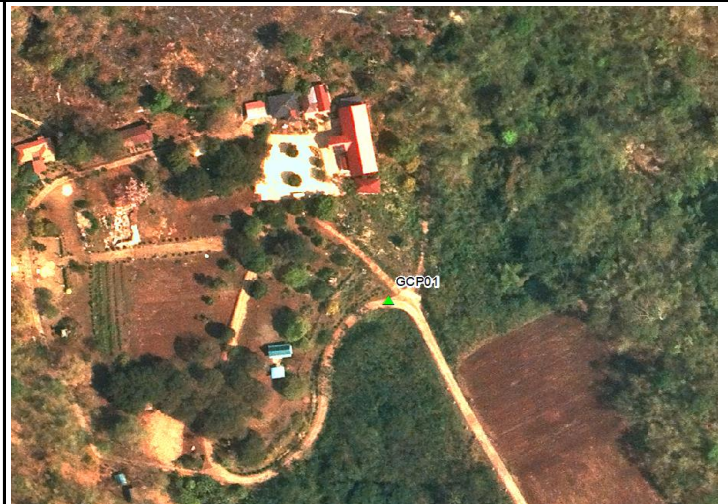
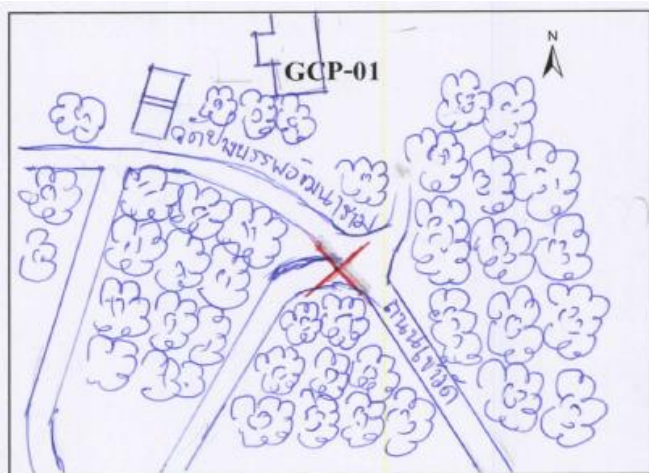
E = 503667.182 เมตร

N = 1567541.702 เมตร

โซน 47

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 240.442 เมตร

แผนที่การเข้าถึงหมุด



ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายสถานที่ตั้งหมุด



N-S



Overview



แบบสำรวจหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน
โครงการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ DMC

หมายเลขหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน GCP02 ชื่อภาพถ่าย DMC ระวางแผนที่ 4837 III 0272
สถานที่ตั้ง ตำบลวังกระแจะ อำเภอไทรโยค ปีบินถ่ายภาพ 2566 จังหวัด กาญจนบุรี

ค่าพิกัดหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84

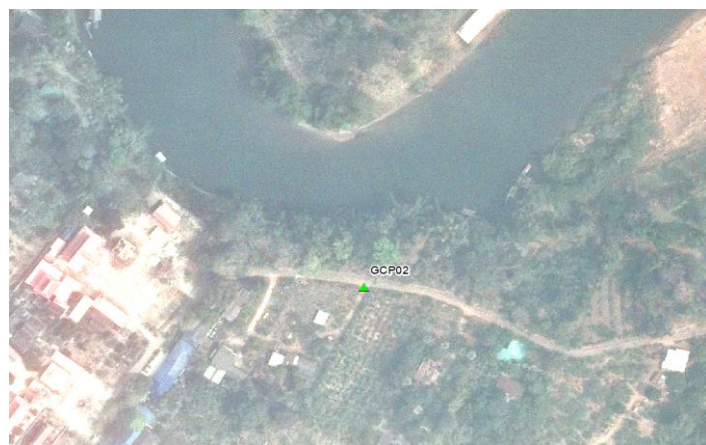
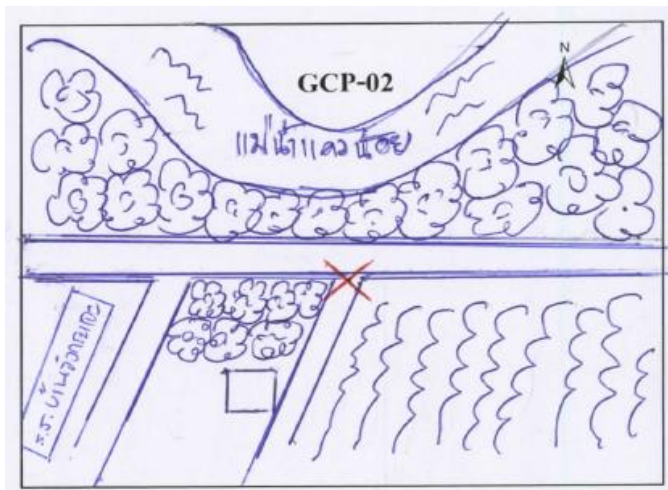
E = 503412.154 เมตร
N = 1573117.071 เมตร
โซน 47

พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975

E = 503745.08 เมตร
N = 1572814.198 เมตร
โซน 47

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 61.414 เมตร

แผนที่การเข้าถึงหมุด



ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายสถานที่ตั้งหมุด



N-S



Overview



แบบสำรวจหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน

โครงการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ DMC

หมายเลขหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน GCP03 ชื่อภาพถ่าย DMC ระวางแผนที่ 4837 III 0670
สถานที่ตั้ง ตำบลท่าเสา อำเภอไทรโยค ปีบินถ่ายภาพ 2566 จังหวัด กาญจนบุรี

ค่าพิกัดหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84

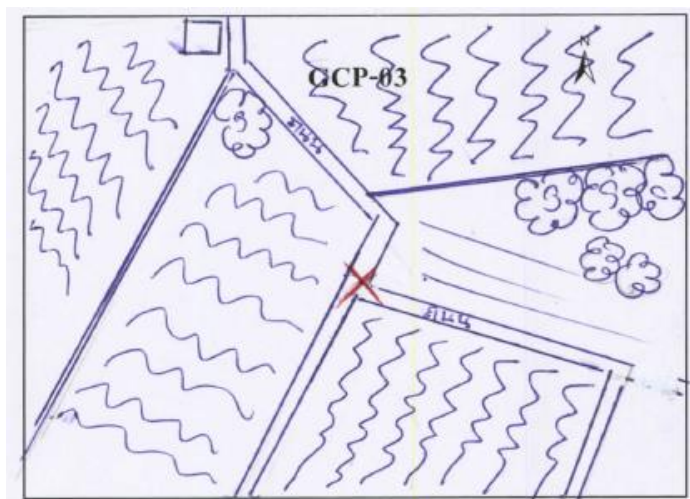
E = 507644.731 เมตร
N = 1571724.604 เมตร
โซน 47

พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975

E = 503745.08 เมตร
N = 1572814.198 เมตร
โซน 47

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 66.17 เมตร

แผนที่การเข้าถึงหมุด



ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายสถานที่ตั้งหมุด



N-S



Overview



แบบสำรวจหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน
โครงการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ DMC

หมายเลขหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน GCP04 ชื่อภาพถ่าย DMC ระวางแผนที่ 4837 III 1470
สถานที่ตั้ง ตำบลท่าเสา อำเภอไทรโยค ปีบินถ่ายภาพ 2566 จังหวัด กาญจนบุรี

ค่าพิกัดหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84

E = 514232.589 เมตร

N = 1570551.074 เมตร

โซน 47

พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975

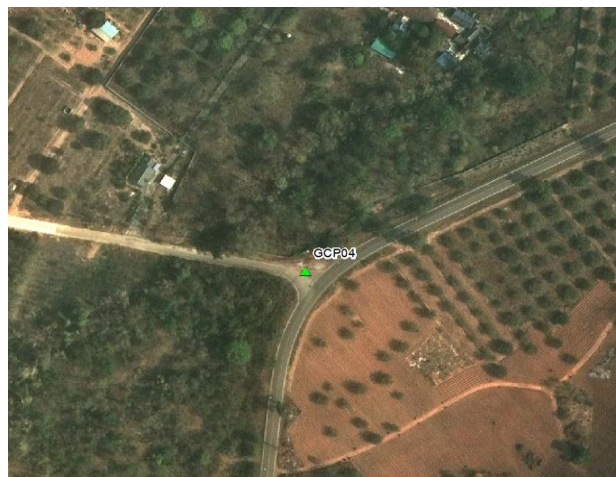
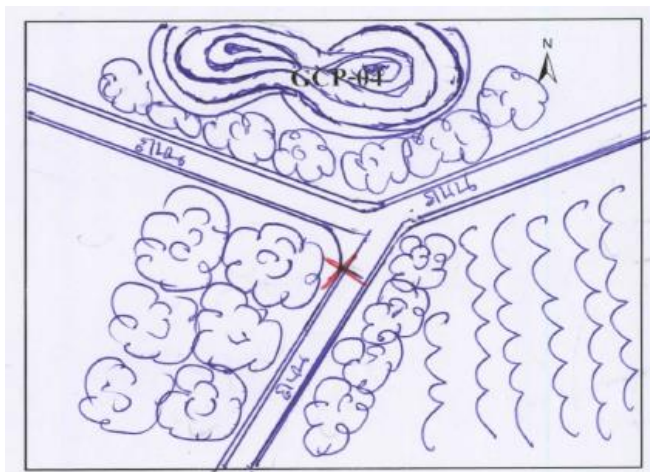
E = 514565.509 เมตร

N = 1570248.182 เมตร

โซน 47

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 120.63 เมตร

แผนที่การเข้าถึงหมุด



ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายสถานที่ตั้งหมุด



N-S



Overview



แบบสำรวจหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน
โครงการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ DMC

หมายเลขหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน GCP05 ชื่อภาพถ่าย DMC ระวางแผนที่ 4837 III 0868
สถานที่ตั้ง ตำบลท่าเสา อำเภอไทรโยค ปีบินถ่ายภาพ 2566 จังหวัด กาญจนบุรี

ค่าพิกัดหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84

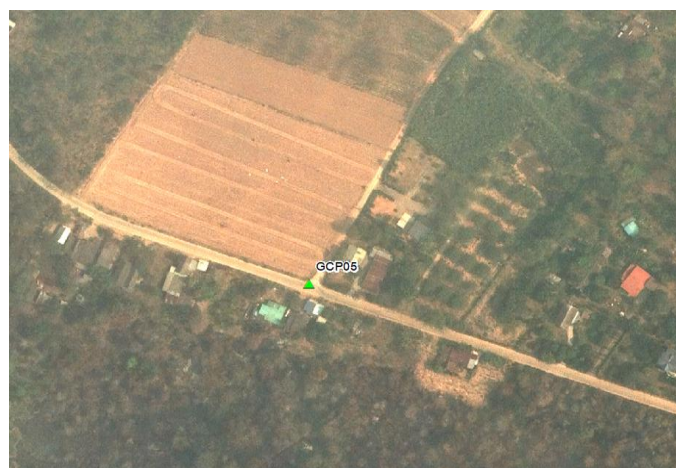
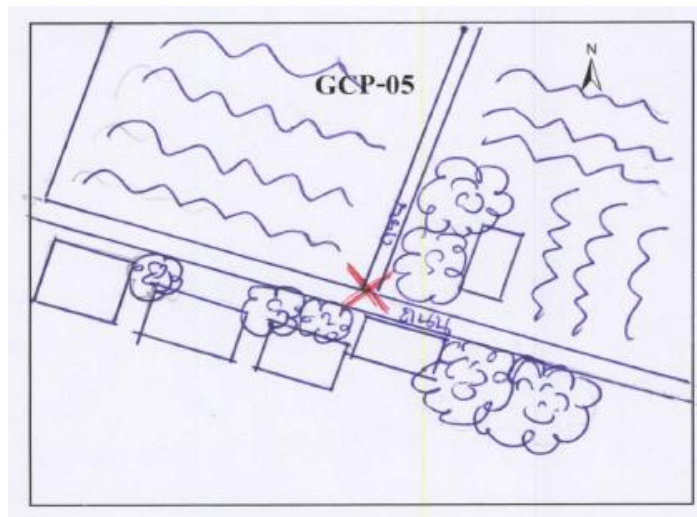
E = 508470.752 เมตร
N = 1569721.063 เมตร
โซน 47

พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975

E = 508803.662 เมตร
N = 1569418.174 เมตร
โซน 47

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 58.41 เมตร

แผนที่การเข้าถึงหมุด



ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายสถานที่ตั้งหมุด



N-S



Overview



แบบสำรวจหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน
โครงการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ DMC

หมายเลขหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน GCP06 ชื่อภาพถ่าย DMC ระวางแผนที่ 4837 III 1066
สถานที่ตั้ง ตำบลท่าเสา อำเภอไทรโยค ปีบินถ่ายภาพ 2566 จังหวัด กาญจนบุรี

ค่าพิกัดหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84

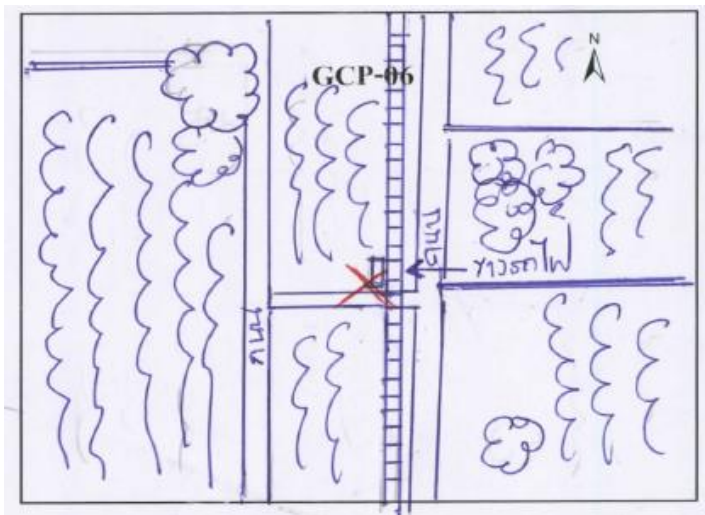
E = 510822.311 เมตร
N = 1567463.636 เมตร
โซน 47

พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975

E = 511155.219 เมตร
N = 1567160.753 เมตร
โซน 47

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 70.651 เมตร

แผนที่การเข้าถึงหมุด



ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายสถานที่ตั้งหมุด



N-S



Overview



แบบสำรวจหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน
โครงการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ DMC

หมายเลขหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน GCP07 ชื่อภาพถ่าย DMC ระวางแผนที่ 4837 III 1466
สถานที่ตั้ง ตำบลท่าเสา อำเภอไทรโยค ปีบินถ่ายภาพ 2566 จังหวัด กาญจนบุรี

ค่าพิกัดหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84

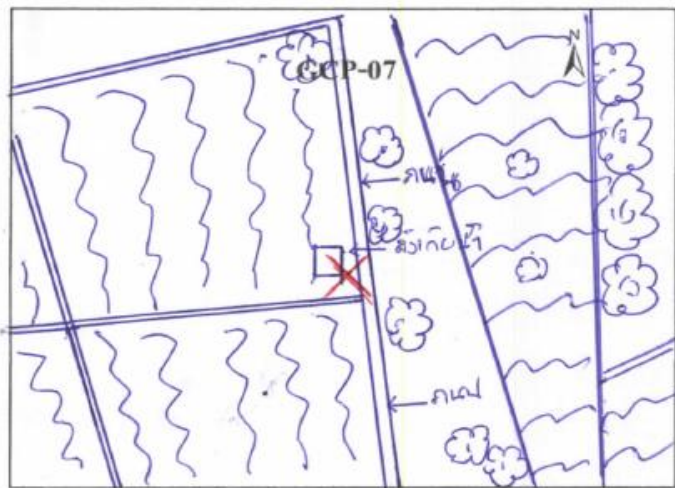
E = 513950.049 เมตร
N = 1568007.899 เมตร
โซน 47

พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975

E = 514282.953 เมตร
N = 1567705.004 เมตร
โซน 47

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 112.295 เมตร

แผนที่การเข้าถึงหมุด



ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายสถานที่ตั้งหมุด



N-S



Overview



แบบสำรวจหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน
โครงการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ DMC

หมายเลขหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน GCP08 ชื่อภาพถ่าย DMC ระวางแผนที่ 4837 III 0666
สถานที่ตั้ง ตำบลวังกระแจะ อำเภอไทรโยค ปีบินถ่ายภาพ 2566 จังหวัด กาญจนบุรี

ค่าพิกัดหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84

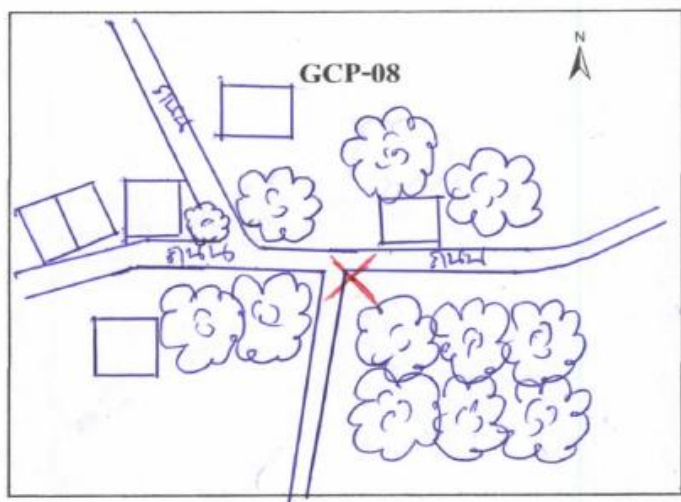
E = 506207.803 เมตร
N = 1566387.348 เมตร
โซน 47

พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975

E = 506540.712 เมตร
N = 1566084.483 เมตร
โซน 47

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 93.20 เมตร

แผนที่การเข้าถึงหมุด



ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายสถานที่ตั้งหมุด



N-S



Overview



แบบสำรวจหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน
โครงการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ DMC

หมายเลขหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน GCP09 ชื่อภาพถ่าย DMC ระวางแผนที่ 4837 III 0468
สถานที่ตั้ง ตำบลวังกระแจะ อำเภอไทรโยค ปีบินถ่ายภาพ 2566 จังหวัด กาญจนบุรี

ค่าพิกัดหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84

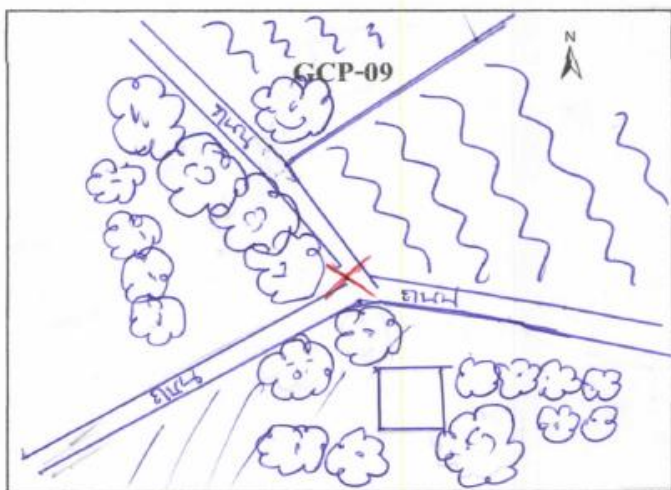
E = 504208.962 เมตร
N = 1569590.224 เมตร
โซน 47

พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975

E = 504541.86 เมตร
N = 1569287.371 เมตร
โซน 47

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 96.49 เมตร

แผนที่การเข้าถึงหมุด



ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายสถานที่ตั้งหมุด



N-S



Overview



แบบสำรวจหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน
โครงการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ DMC

หมายเลขหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน GCP10 ชื่อภาพถ่าย DMC ระวางแผนที่ 4837 III 1070
สถานที่ตั้ง ตำบลท่าเสา อำเภอไทรโยค ปีบินถ่ายภาพ 2566 จังหวัด กาญจนบุรี

ค่าพิกัดหมุดบังคับภาพภาคพื้นดิน

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84

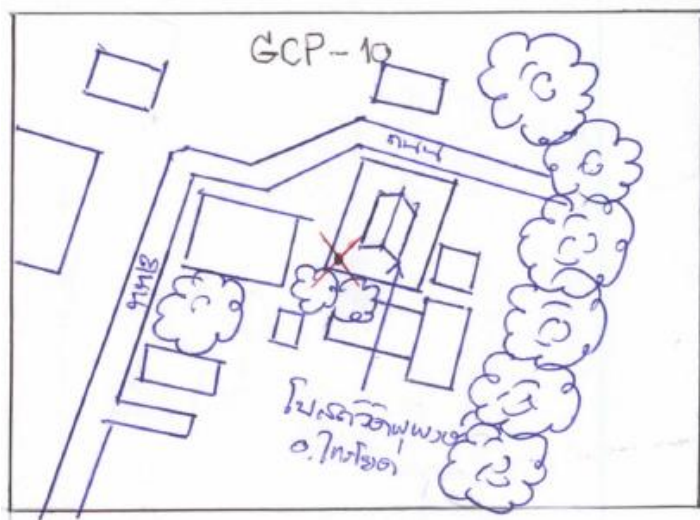
E = 510909.984 เมตร
N = 1572061.133 เมตร
โซน 47

พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975

E = 511242.879 เมตร
N = 1571758.206 เมตร
โซน 47

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 121.26 เมตร

แผนที่การเข้าถึงหมุด



ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายสถานที่ตั้งหมุด



N-S



Overview

ภาคผนวก ข

แบบสำรวจหมดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ



แบบสำรวจหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ
โครงการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ DMC

หมายเลขหมุดตรวจสอบ CK01 ชื่อภาพถ่าย DMC ระวางแผนที่ 4837 III 0470
สถานที่ตั้ง ตำบลวังกระแจะ อำเภอไทรโยค ปีบินถ่ายภาพ 2566 จังหวัด กาญจนบุรี

ค่าพิกัดหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84

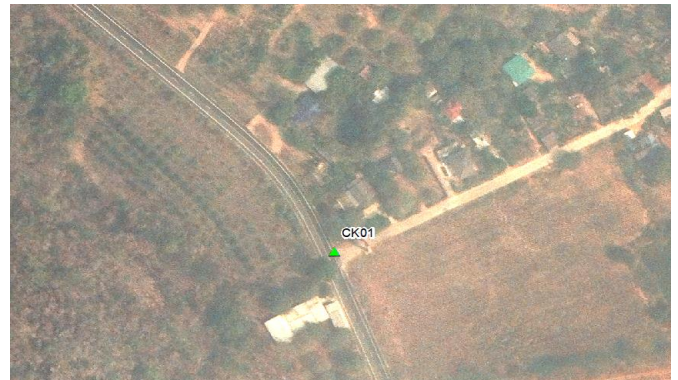
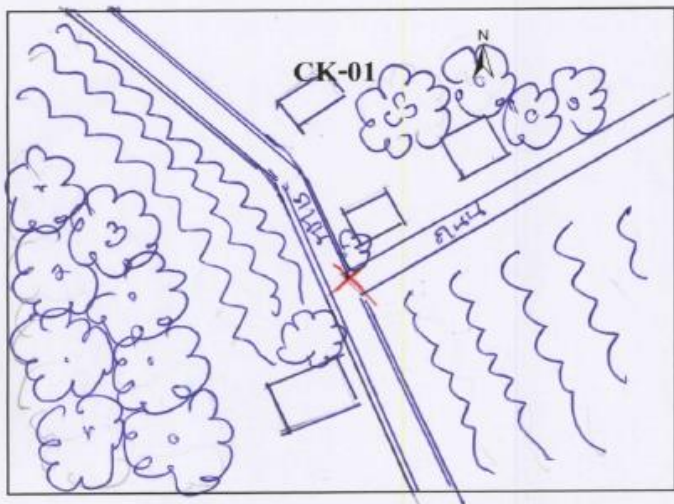
E = 505100.144 เมตร
N = 1571635.927 เมตร
โซน 47

พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975

E = 505433.073 เมตร
N = 1571333.016 เมตร
โซน 47

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 60.451 เมตร

แผนที่การเข้าถึงหมุด



ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายสถานที่ตั้งหมุด



N-S



Overview



แบบสำรวจหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ
โครงการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ DMC

หมายเลขหมุดตรวจสอบ CK02 ชื่อภาพถ่าย DMC ระวางแผนที่ 4837 III 0870
สถานที่ตั้ง ตำบลท่าเสา อำเภอไทรโยค ปีบินถ่ายภาพ 2566 จังหวัด กาญจนบุรี

ค่าพิกัดหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84

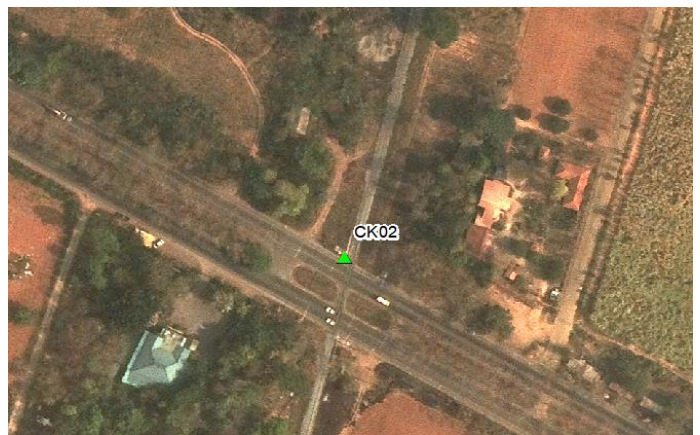
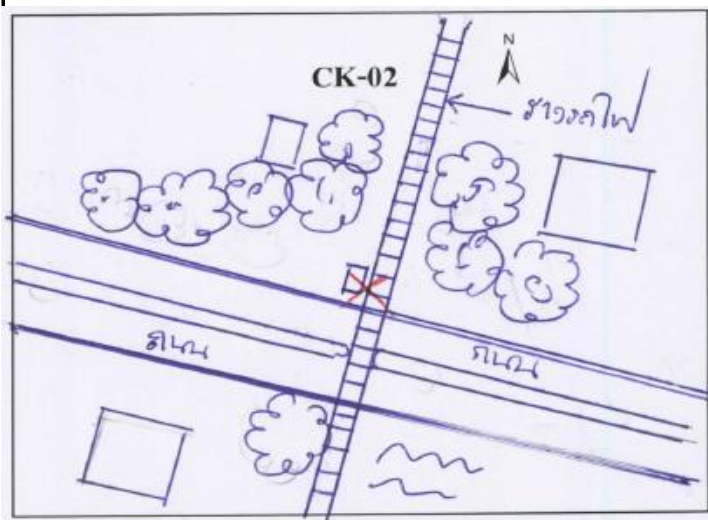
E = 509532.387 เมตร
N = 1571056.301 เมตร
โซน 47

พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975

E = 509865.281 เมตร
N = 1570753.467 เมตร
โซน 47

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 79.075 เมตร

แผนที่การเข้าถึงหมุด



ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายสถานที่ตั้งหมุด



N-S



Overview



แบบสำรวจหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ
โครงการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ DMC

หมายเลขหมุดตรวจสอบ CK03 ชื่อภาพถ่าย DMC ระวางแผนที่ 4837 III 0672
สถานที่ตั้ง ตำบลท่าเสา อำเภอไทรโยค ปีบินถ่ายภาพ 2566 จังหวัด กาญจนบุรี

ค่าพิกัดหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84

E = 506456.08 เมตร

N = 1573847.765 เมตร

โซน 47

พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975

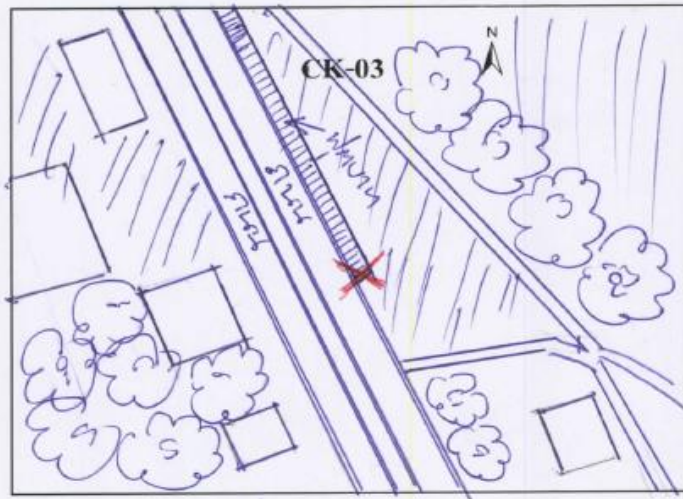
E = 506788.985 เมตร

N = 1573544.867 เมตร

โซน 47

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 130.6 เมตร

แผนที่การเข้าถึงหมุด



ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายสถานที่ตั้งหมุด



N-S



Overview



แบบสำรวจหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ
โครงการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ DMC

หมายเลขหมุดตรวจสอบ CK04 ชื่อภาพถ่าย DMC ระวางแผนที่ 4837 III 1068
สถานที่ตั้ง ตำบลท่าเสา อำเภอไทรโยค ปีบินถ่ายภาพ 2566 จังหวัด กาญจนบุรี

ค่าพิกัดหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84

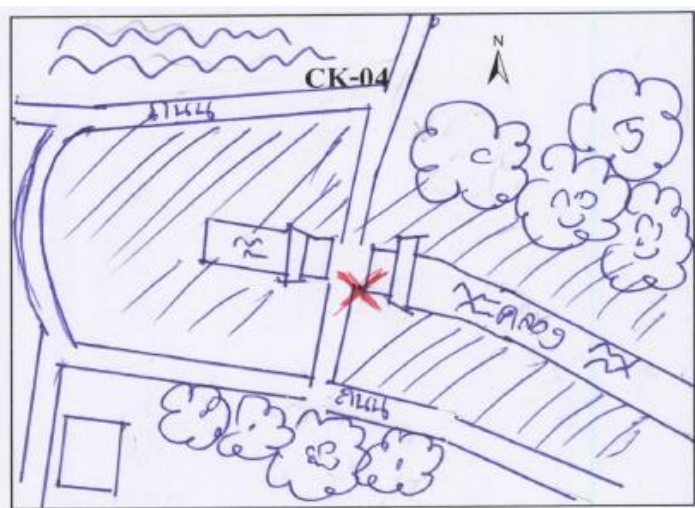
E = 511406.254 เมตร
N = 1569232.867 เมตร
โซน 47

พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975

E = 511739.146 เมตร
N = 1568929.976 เมตร
โซน 47

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 69.528 เมตร

แผนที่การเข้าถึงหมุด



ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายสถานที่ตั้งหมุด



N-S



Overview



แบบสำรวจหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ
โครงการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ DMC

หมายเลขหมุดตรวจสอบ CK05 ชื่อภาพถ่าย DMC ระวางแผนที่ 4837 III 0668
สถานที่ตั้ง ตำบลวังกระแจะ อำเภอไทรโยค ปีบินถ่ายภาพ 2566 จังหวัด กาญจนบุรี

ค่าพิกัดหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84

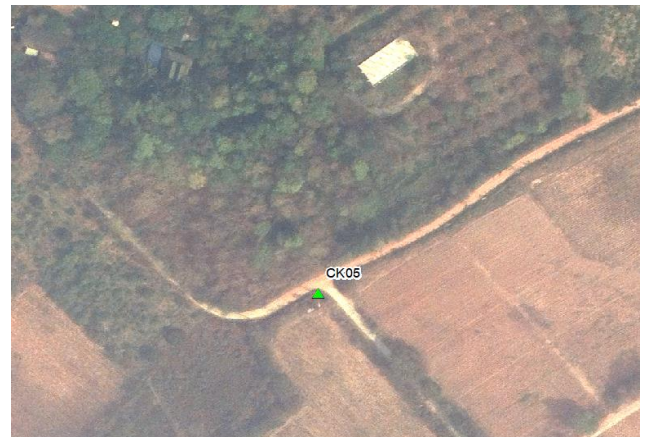
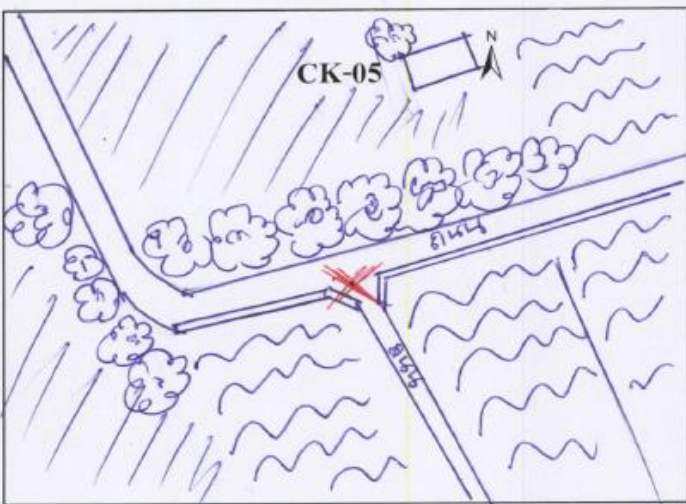
E = 506914.856 เมตร
N = 1568923.301 เมตร
โซน 47

พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975

E = 507247.814 เมตร
N = 1568620.39 เมตร
โซน 47

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 55.749 เมตร

แผนที่การเข้าถึงหมุด



ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายสถานที่ตั้งหมุด



N-S



Overview



แบบสำรวจหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ
โครงการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ DMC

หมายเลขหมุดตรวจสอบ CK06 ชื่อภาพถ่าย DMC ระวางแผนที่ 4837 III 0468
สถานที่ตั้ง ตำบลวังกระแจะ อำเภอไทรโยค ปีบินถ่ายภาพ 2566 จังหวัด กาญจนบุรี

ค่าพิกัดหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84

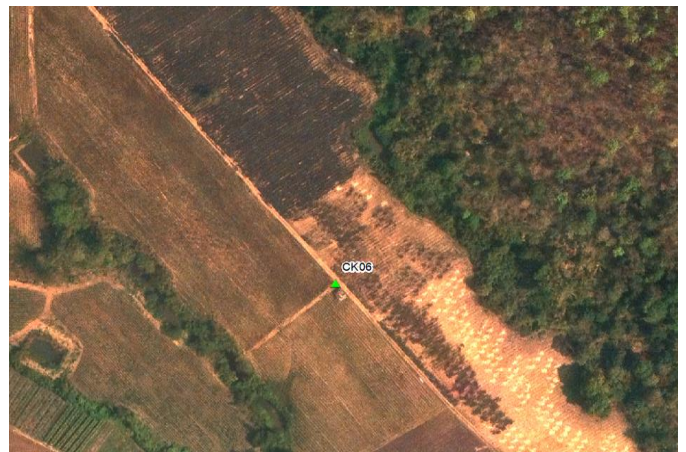
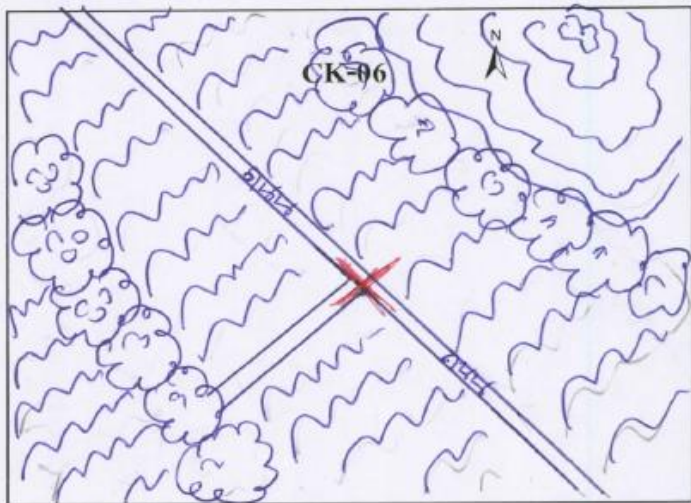
E = 503912.488 เมตร
N = 1568424.004 เมตร
โซน 47

พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975

E = 504245.387 เมตร
N = 1568121.135 เมตร
โซน 47

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 121.452 เมตร

แผนที่การเข้าถึงหมุด



ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายสถานที่ตั้งหมุด



N-S



Overview



แบบสำรวจหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ
โครงการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ DMC

หมายเลขหมุดตรวจสอบ CK07 ชื่อภาพถ่าย DMC ระวางแผนที่ 4837 III 1270
สถานที่ตั้ง ตำบลท่าเสา อำเภอไทรโยค ปีบินถ่ายภาพ 2566 จังหวัด กาญจนบุรี

ค่าพิกัดหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84

E = 511872.668 เมตร

N = 1570853.077 เมตร

โซน 47

พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975

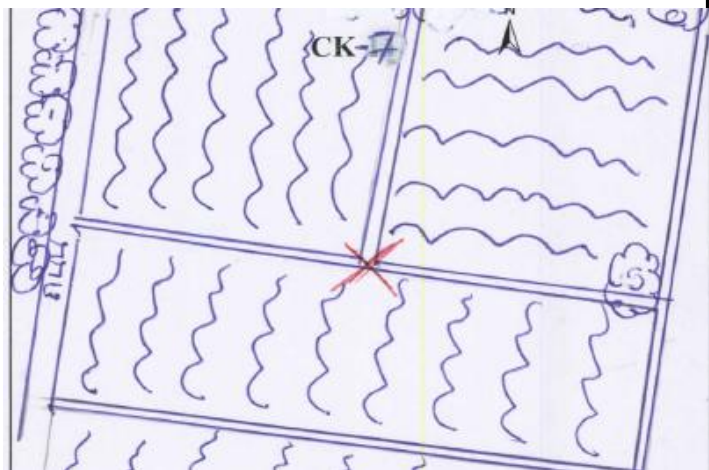
E = 512205.587 เมตร

N = 1570550.184 เมตร

โซน 47

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 95.071 เมตร

แผนที่การเข้าถึงหมุด



ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายสถานที่ตั้งหมุด



N-S



Overview



แบบสำรวจหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ
โครงการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ DMC

หมายเลขหมุดตรวจสอบ CK08 ชื่อภาพถ่าย DMC ระวางแผนที่ 4837 III 0666
สถานที่ตั้ง ตำบลวังกระแจะ อำเภอไทรโยค ปีบินถ่ายภาพ 2566 จังหวัด กาญจนบุรี

ค่าพิกัดหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84

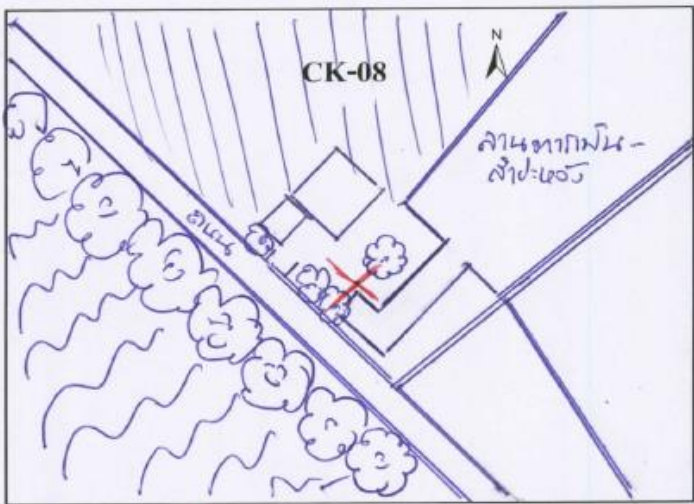
E = 507106.04 เมตร
N = 1566382.158 เมตร
โซน 47

พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975

E = 507438.874 เมตร
N = 1566079.301 เมตร
โซน 47

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 86.172 เมตร

แผนที่การเข้าถึงหมุด



ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายสถานที่ตั้งหมุด



N-S



Overview



แบบสำรวจหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ
โครงการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ DMC

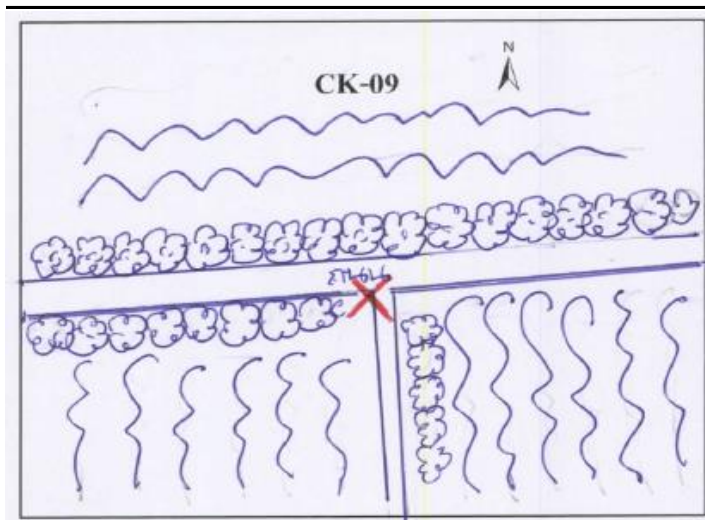
หมายเลขหมุดตรวจสอบ CK09 ชื่อภาพถ่าย DMC ระวางแผนที่ 4837 III 1266
สถานที่ตั้ง ตำบลท่าเสา อำเภอไทรโยค ปีบินถ่ายภาพ 2566 จังหวัด กาญจนบุรี

ค่าพิกัดหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84	พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975
E = 513298.9 เมตร	E = 513631.778 เมตร
N = 1567041.741 เมตร	N = 1566738.852 เมตร
โซน 47	โซน 47

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 102.796 เมตร

แผนที่การเข้าถึงหมุด



ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายสถานที่ตั้งหมุด



N-S



Overview



แบบสำรวจหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ
โครงการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ DMC

หมายเลขหมุดตรวจสอบ CK10 ชื่อภาพถ่าย DMC ระวางแผนที่ 4837 III 0466
สถานที่ตั้ง ตำบลวังกระแจะ อำเภอไทรโยค ปีนินถ่ายภาพ 2566 จังหวัด กาญจนบุรี

ค่าพิกัดหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84

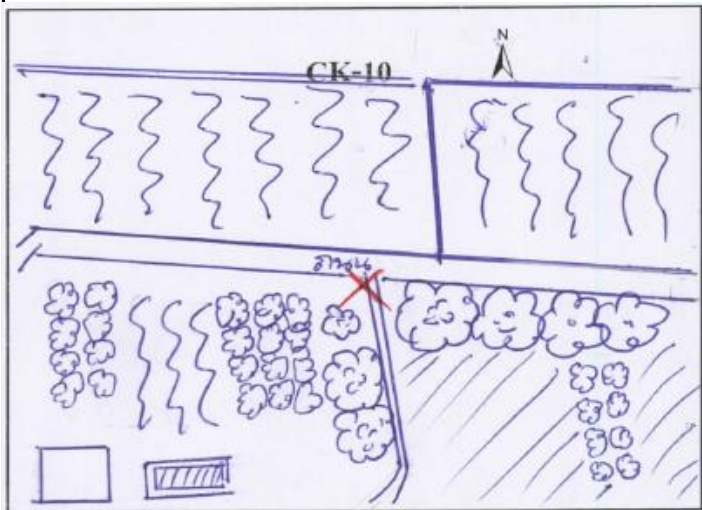
E = 504624.247 เมตร
N = 1567522.619 เมตร
โซน 47

พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975

E = 504957.164 เมตร
N = 1567219.704 เมตร
โซน 47

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 100.804 เมตร

แผนที่การเข้าถึงหมุด



ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายสถานที่ตั้งหมุด



N-S



Overview



แบบสำรวจหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ
โครงการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ DMC

หมายเลขหมุดตรวจสอบ CK11 ชื่อภาพถ่าย DMC ระวางแผนที่ 4837 III 0472
สถานที่ตั้ง ตำบลท่าเสา อำเภอไทรโยค ปีบินถ่ายภาพ 2566 จังหวัด กาญจนบุรี

ค่าพิกัดหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84

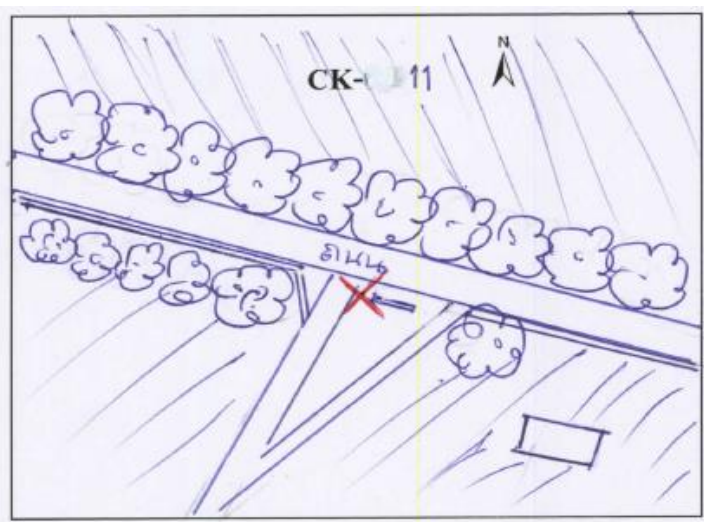
E = 504214.844 เมตร
N = 1573716.533 เมตร
โซน 47

พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975

E = 504547.76 เมตร
N = 1573413.673 เมตร
โซน 47

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 61.977 เมตร

แผนที่การเข้าถึงหมุด



ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายสถานที่ตั้งหมุด



N-S



Overview



แบบสำรวจหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ
โครงการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ DMC

หมายเลขหมุดตรวจสอบ CK12 ชื่อภาพถ่าย DMC ระวางแผนที่ 4837 III 0872
สถานที่ตั้ง ตำบลท่าเสา อำเภอยะโยค ปีบินถ่ายภาพ 2566 จังหวัด กาญจนบุรี

ค่าพิกัดหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84

E = 507726.081 เมตร
N = 1572570.651 เมตร
โซน 47

พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975

E = 508058.988 เมตร
N = 1572267.754 เมตร
โซน 47

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 84.162 เมตร

แผนที่การเข้าถึงหมุด



ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายสถานที่ตั้งหมุด



N-S



Overview



แบบสำรวจหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ
โครงการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ DMC

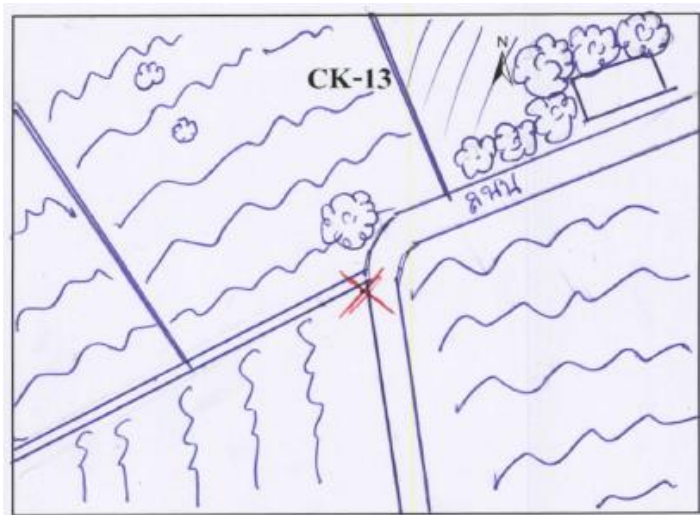
หมายเลขหมุดตรวจสอบ CK13 ชื่อภาพถ่าย DMC ระวางแผนที่ 4837 III 1066
สถานที่ตั้ง ตำบลท่าเสา อำเภอไทรโยค ปีบินถ่ายภาพ 2566 จังหวัด กาญจนบุรี

ค่าพิกัดหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84	พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975
E = 511571.256 เมตร	E = 511904.081 เมตร
N = 1567021.212 เมตร	N = 1566718.415 เมตร
โซน 47	โซน 47

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 77.736 เมตร

แผนที่การเข้าถึงหมุด



ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายสถานที่ตั้งหมุด



N-S



Overview



แบบสำรวจหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ
โครงการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ DMC

หมายเลขหมุดตรวจสอบ CK14 ชื่อภาพถ่าย DMC ระวางแผนที่ 4837 III 1268
สถานที่ตั้ง ตำบลท่าเสา อำเภอไทรโยค ปีบินถ่ายภาพ 2566 จังหวัด กาญจนบุรี

ค่าพิกัดหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84

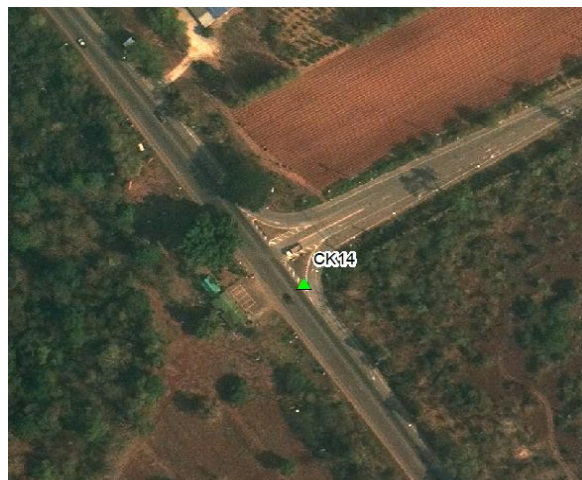
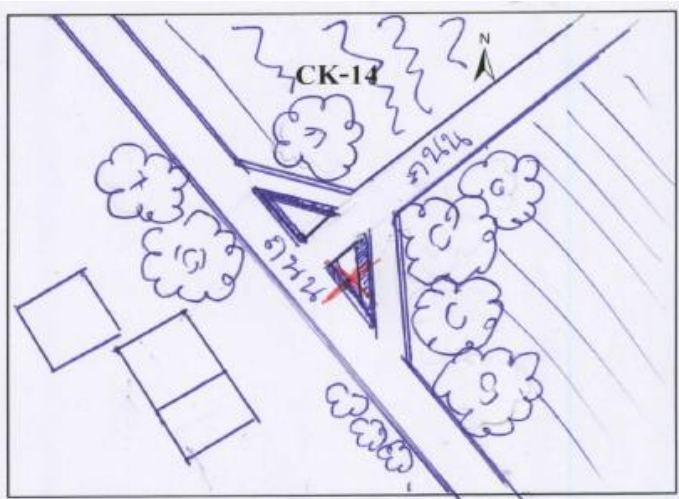
E = 512837.88 เมตร
N = 1568844.812 เมตร
โซน 47

พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975

E = 513170.771 เมตร
N = 1568541.897 เมตร
โซน 47

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 84.768 เมตร

แผนที่การเข้าถึงหมุด



ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายสถานที่ตั้งหมุด



N-S



Overview



แบบสำรวจหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ
โครงการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ DMC

หมายเลขหมุดตรวจสอบ CK15 ชื่อภาพถ่าย DMC ระวางแผนที่ 4837 III 1270
สถานที่ตั้ง ตำบลท่าเสา อำเภอไทรโยค ปีบินถ่ายภาพ 2566 จังหวัด กาญจนบุรี

ค่าพิกัดหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84

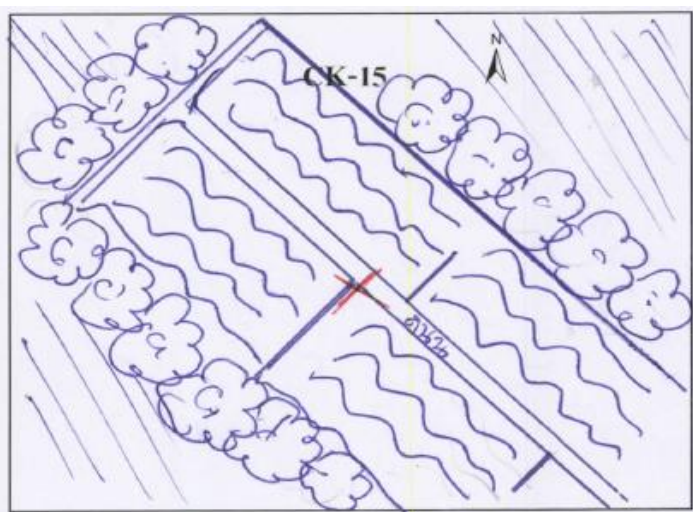
E = 512921.417 เมตร
N = 1571531.526 เมตร
โซน 47

พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975

E = 513254.326 เมตร
N = 1571228.641 เมตร
โซน 47

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 137.919 เมตร

แผนที่การเข้าถึงหมุด



ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายสถานที่ตั้งหมุด



N-S



Overview



แบบสำรวจหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ
โครงการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ DMC

หมายเลขหมุดตรวจสอบ CK16 ชื่อภาพถ่าย DMC ระวางแผนที่ 4837 III 0470
สถานที่ตั้ง ตำบลวังกระแจะ อำเภอไทรโยค ปีบินถ่ายภาพ 2566 จังหวัด กาญจนบุรี

ค่าพิกัดหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84

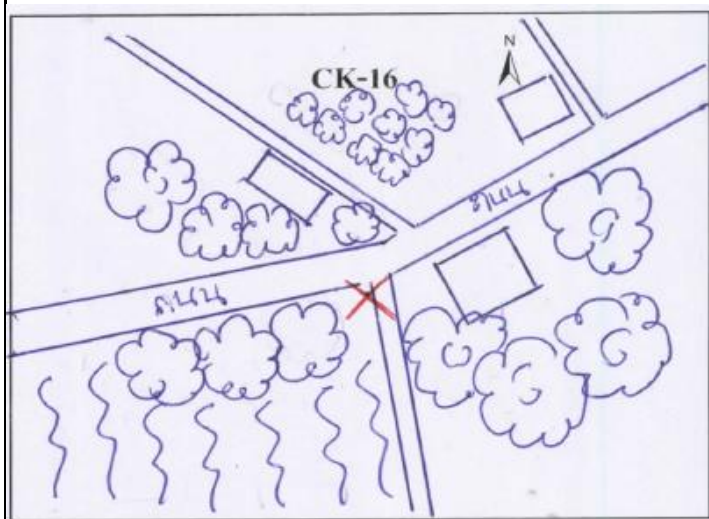
E = 504262.734 เมตร
N = 1570584.975 เมตร
โซน 47

พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975

E = 504595.666 เมตร
N = 1570282.106 เมตร
โซน 47

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 92.49 เมตร

แผนที่การเข้าถึงหมุด



ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายสถานที่ตั้งหมุด



N-S



Overview



แบบสำรวจหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ
โครงการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ DMC

หมายเลขหมุดตรวจสอบ CK17 ชื่อภาพถ่าย DMC ระวางแผนที่ 4837 III 0870
สถานที่ตั้ง ตำบลท่าเสา อำเภอไทรโยค ปีบินถ่ายภาพ 2566 จังหวัด กาญจนบุรี

ค่าพิกัดหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84

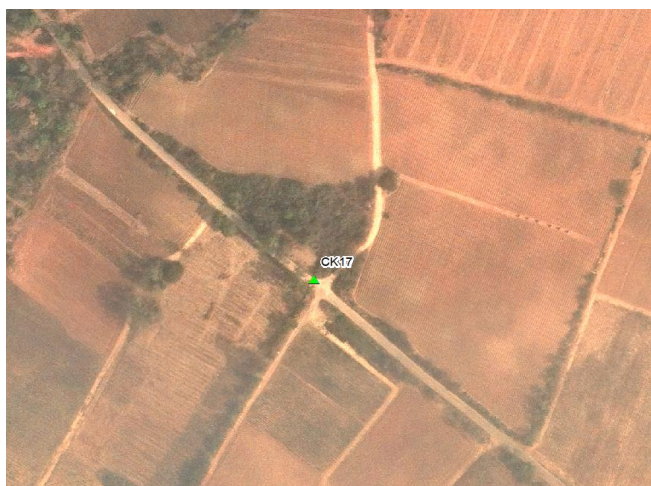
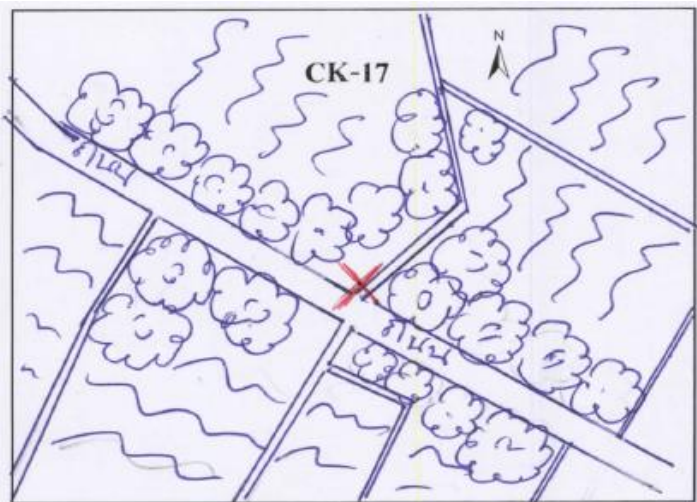
E = 507841.623 เมตร
N = 1570446.625 เมตร
โซน 47

พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975

E = 508174.536 เมตร
N = 1570143.732 เมตร
โซน 47

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 57.159 เมตร

แผนที่การเข้าถึงหมุด



ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายสถานที่ตั้งหมุด



N-S



Overview



แบบสำรวจหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ
โครงการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ DMC

หมายเลขหมุดตรวจสอบ CK18 ชื่อภาพถ่าย DMC ระวางแผนที่ 4837 III 0868
สถานที่ตั้ง ตำบลท่าเสา อำเภอไทรโยค ปีบินถ่ายภาพ 2566 จังหวัด กาญจนบุรี

ค่าพิกัดหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84

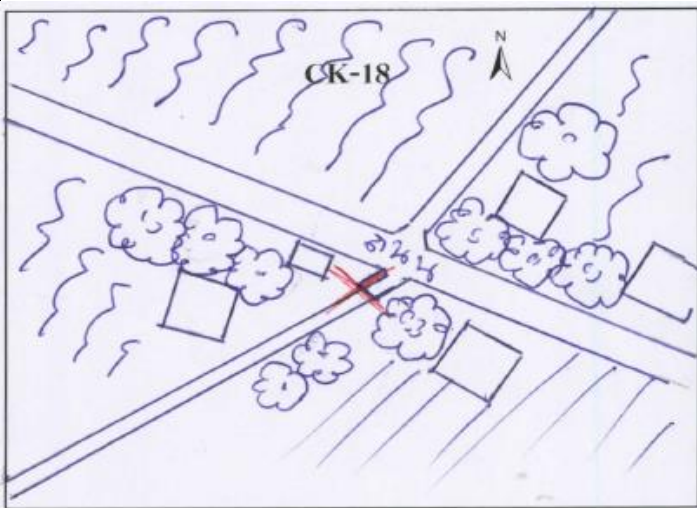
E = 509214.219 เมตร
N = 1569453.45 เมตร
โซน 47

พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975

E = 509547.131 เมตร
N = 1569150.557 เมตร
โซน 47

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 55.74 เมตร

แผนที่การเข้าถึงหมุด



ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายสถานที่ตั้งหมุด



N-S



Overview



แบบสำรวจหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ
โครงการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ DMC

หมายเลขหมุดตรวจสอบ CK19 ชื่อภาพถ่าย DMC ระวางแผนที่ 4837 III 0666
สถานที่ตั้ง ตำบลวังกระแจะ อำเภอไทรโยค ปีบินถ่ายภาพ 2566 จังหวัด กาญจนบุรี

ค่าพิกัดหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84

E = 506381.547 เมตร

N = 1568045.194 เมตร

โซน 47

พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975

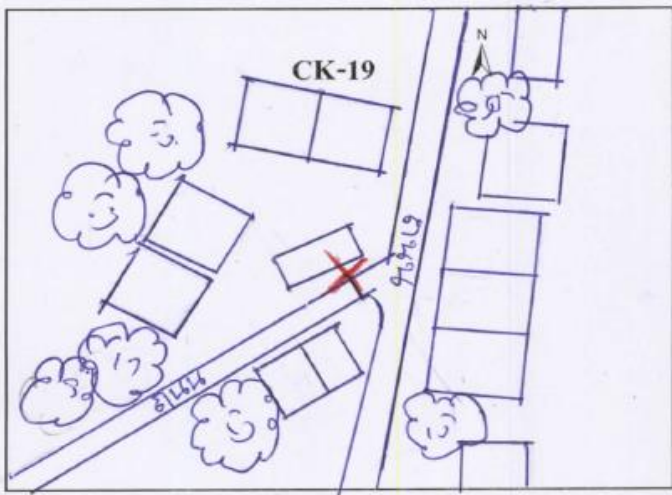
E = 506714.464 เมตร

N = 1567742.288 เมตร

โซน 47

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 66.787 เมตร

แผนที่การเข้าถึงหมุด



ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายสถานที่ตั้งหมุด



N-S



Overview



แบบสำรวจหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ
โครงการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ DMC

หมายเลขหมุดตรวจสอบ CK20 ชื่อภาพถ่าย DMC ระวางแผนที่ 4837 III 0866
สถานที่ตั้ง ตำบลวังกระแจะ อำเภอไทรโยค ปีบินถ่ายภาพ 2566 จังหวัด กาญจนบุรี

ค่าพิกัดหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84

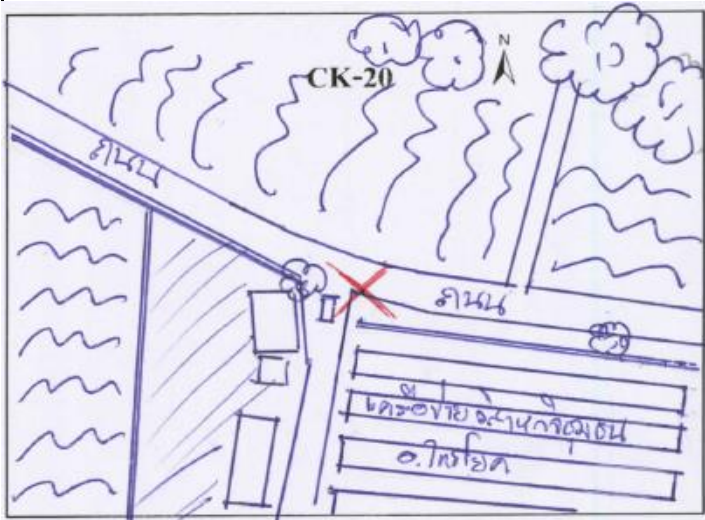
E = 508493.298 เมตร
N = 1567554.395 เมตร
โซน 47

พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975

E = 508826.222 เมตร
N = 1567251.478 เมตร
โซน 47

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 57.966 เมตร

แผนที่การเข้าถึงหมุด



ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายสถานที่ตั้งหมุด



N-S



Overview



แบบสำรวจหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ
โครงการจัดสร้างระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จากภาพ DMC

หมายเลขหมุดตรวจสอบ CK21 ชื่อภาพถ่าย DMC ระวางแผนที่ 4837 III 1268
สถานที่ตั้ง ตำบลท่าเสา อำเภอไทรโยค ปีบินถ่ายภาพ 2566 จังหวัด กาญจนบุรี

ค่าพิกัดหมุดตรวจสอบภาพถ่ายทางอากาศ

พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS84

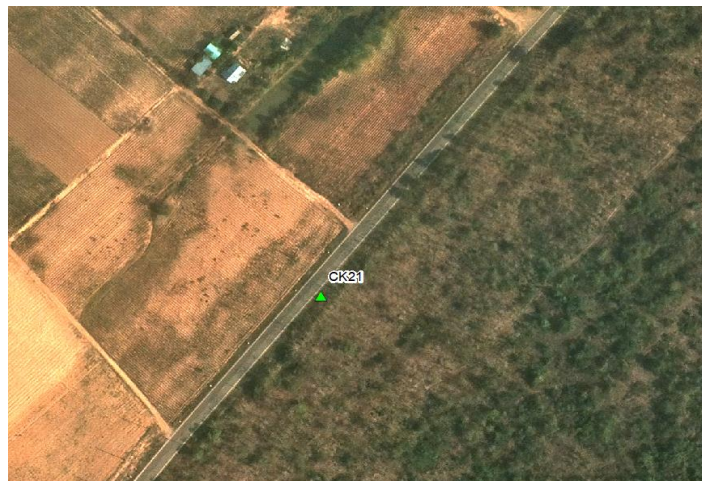
E = 513577.479 เมตร
N = 1569466.95 เมตร
โซน 47

พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975

E = 513910.384 เมตร
N = 1569164.06 เมตร
โซน 47

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง H = 95.64 เมตร

แผนที่การเข้าถึงหมุด



ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายสถานที่ตั้งหมุด



N-S



Overview